

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra kybernetiky a biomedicínského**  
**inženýrství**

**Řízení vodního omývače regeneračního kotle**  
**Control of the Water Washer Recovery Boiler**

2015

Lukáš Merta

## Zadání diplomové práce

Student:

**Bc. Lukáš Merta**

Studijní program:

N2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

2601T004 Měřicí a řídicí technika

Téma:

**Řízení vodního omývače regeneračního kotle**  
**Control of the Water Washer Recovery Boiler**

Zásady pro vypracování:

V rámci této diplomové práce bude řešena realizace a implementace vodního omývače regeneračního kotle řízeného pomocí PLC S7-300 od firmy Siemens. Vodní omývač bude nasazen na regeneračním kotli v prostorách Biocel Paskov Česká republika.

Body zadání:

1. Návrh řešení vodního omývače regeneračního kotle.
2. Výběr vhodných senzorů a pohonů pro pohyb vodního omývače regeneračního kotle.
3. Realizace a implementace řídicího algoritmu vodního omývače regeneračního kotle v programovatelném automatu S7-300.
4. Testování funkčnosti vodního omývače a uvedení do provozu.
5. Zhodnocení dosažených výsledků práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] BERGER, Hans. *Automating with SIMATIC S7-300 inside TIA Portal: Configuring, Programming and Testing with STEP 7 Professional V11*. Wiley VCH, 2012. ISBN 978-3895783821.
- [2] JONES, Clarence T. *STEP 7 Programming Made Easy in LAD, FBD, and STL - A Practical Guide to Programming S7-300/S7-400 Programmable Logic Controllers*. Patrick-Turner Publishing, 2013. ISBN 978-1889101040.
- [3] BERGER, Hans. *Automating with SIMATIC: Controllers, Software, Programming, Data*. Publicis Erlangen, 2013. ISBN 978-3895783876.
- [4] BERGER, Hans. *Automating with STEP 7 in LAD and FBD: SIMATIC S7-300/400 Programmable Controllers*. Publicis Erlangen, 2012. ISBN 978-3895784101.
- [5] Firemní literatura SIMATIC S7-300/400.



Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Vilém Srovnal, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2014

Datum odevzdání: 07.05.2015

doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.  
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

### **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne 7.5.2015

Podpis studenta 

## **Poděkování**

Děkuji svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Vilému Srovnalovi, Ph.D. za poskytnutí rad, připomínek a literatury. Dále kolektivu zaměstnanců podniku Biocel Paskov a.s., kteří se podíleli na obměně zastaralého parního omývače za moderně řízený vodní omývač umístěný na Regeneračním kotli 1.

## **Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá návrhem a realizací řízení vodního omývače regeneračního kotle instalovaného v podniku Biocel Paskov a.s.. Součástí práce je také návrh a realizace vizualizace na operátorském panelu s vyřešením kompletní elektročásti vodního omývače regeneračního kotle. Tedy i nakreslením elektrodokumentace.

Jako řídicí prvek je zde použito PLC firmy Siemens. Řídicí aplikace v PLC a vizualizace byla vytvořena na platformě TIA Portal, firmy Siemens. Elektrodokumentace byla nakreslena v E - PLAN.

Řízení je napojeno na nadřazený řídicí systém podniku DNA DAMATIC od finské firmy Metso Automation, pomocí kterého operátor ovládá z PC na velínu vodní omývač a také má informace o jeho stavu. Tvorba vizualizace a algoritmu pro DNA DAMATIC, pomocí níž se zobrazuje na PC operátora ovládání a kontrola vodního omývače není součástí této práce.

## **Klíčová slova**

PLC SIEMENS SIMATIC S7 - 300, TIA Portal, SIEMENS TOUCH PANEL, E- PLAN, DNA DAMATIC, VIZUALIZACE

## **Abstract**

This thesis describes the design and implementation of water control washer recovery boiler installed in the company Biocel Paskov a.s.. The work also includes designing and implementing visualization on the operator panel with the resolution of the entire electrical parts washer water recovery boiler. Thus, even drawing electro.

The control element is used herein PLC Siemens. Control applications in PLC and visualization was created on a platform TIA Portal, Siemens. Electro was drawn in E PLAN.

Control is connected to the control system of enterprise DAMATIC DNA from the Finnish company Metso Automation, through which an operator controls the PC in the control room of the water deluge and also has information about his condition. Creation and visualization algorithms for DNA DAMATIC by which appears on the operator's PC control and monitoring of water washer is not part of the job.

## **Key words**

PLC SIEMENS SIMATIC S7 - 300, TIA Portal, SIEMENS TOUCH PANEL, E- PLAN, DNA DAMATIC, VISUALIZATION

## Seznam použitých symbolů a zkratek

RK 1	Regenerační kotel 1	
MgO	Magnesium oxide	oxid hořečnatý
SO <sub>2</sub>	Sulfur dioxide	oxid siřičitý
MgSO <sub>4</sub>	Magnesium sulfate	síran hořečnatý
HMI	Human machine interface	Uživatelské rozhraní
HW	Hardware	Technické vybavení
SW	Software	Programové vybavení
TIA Portal V13	Programovací software PLC	
Mpa	megapascal	
°C	Celsiův stupeň	
mA	miliampér	
Ω	ohm	
IP	Ingress protection	Ochrana krytím
m	metr	
PC	Personal Computer	Osobní počítač
MTP	Měřicí transformátor proudu	
IT	označení topologie sítě	
V	volt	
VDC	Voltage Direct Current	Stejnoseměrné napětí
VAC	Voltage Alternating Current	Střídavé napětí
Hz	hertz	
DI	Digital input	Digitální vstup
DO	Digital output	Digitální výstup
AI	Analog Input	Analogový vstup
CPU	Central Processing Unit	Centrální procesorová jednotka
PLC	Programmable Logic Controller	Programovatelný logický kontrolér
DNA DAMATIC	nadřazený řídicí systém firmy Metso Automation instalovaný v podniku	
E-PLAN	Kreslicí software použitý k nakreslení elektrodokumentace	



# OBSAH

<b>1. Úvod.....</b>	<b>1</b>
1.1. Místo instalace.....	1
1.1.1. <i>Schéma výrobní technologie podniku Biocel Paskov a.s.....</i>	<i>2</i>
1.1.2. <i>Popis funkce regeneračního kotle v podniku Biocel Paskov a.s.....</i>	<i>3</i>
1.1.3. <i>Funkce vodního omývače v regeneračním kotli.....</i>	<i>3</i>
<b>2. Vodní omývač od fa Clyde Bergemann.....</b>	<b>5</b>
2.1. Schéma vodního omývače s popisem.....	5
2.2. Úprava vodního omývače.....	6
<b>3. Návrh řešení vodního omývače regeneračního kotle.....</b>	<b>8</b>
3.1. Hlavní prvky řešení.....	8
3.1.1. <i>Skříň s rozvodem vody.....</i>	<i>10</i>
<b>4. Výběr vhodných senzorů a pohonů pro pohyb vodního omývače.....</b>	<b>13</b>
4.1. Snímání polohy trysky.....	13
4.1.1. <i>Základní informace.....</i>	<i>13</i>
4.1.2. <i>Princip měření vzdáleností.....</i>	<i>14</i>
4.1.3. <i>Výstupní hodnota.....</i>	<i>14</i>
4.1.4. <i>Elektrická instalace laserového dálkoměru.....</i>	<i>14</i>
4.1.5. <i>Parametrizace laserového dálkoměru.....</i>	<i>15</i>
4.2. Snímání výchozí polohy.....	16
4.3. Snímání průtoku vody.....	17
4.3.1. <i>Princip indukčních průtokoměrů.....</i>	<i>18</i>
4.4. Snímání tlaku v potrubí.....	20
4.5. Snímání reverzní polohy.....	24
4.6. Snímání polohy DRAIN.....	24
4.7. Snímání stavů ventilů.....	25
4.8. Pohony pro rotační a axiální pohyb.....	27
4.9. Měření proudu motorů.....	27

<b>5. Realizace a implementace řídicího algoritmu vodního omývače v PLC S7-300.....</b>	<b>30</b>
5.1. Popis řídicího systému.....	30
5.1.1. Tabulky vstupů a výstupů.....	30
5.1.2. Zvolený HW.....	31
5.1.2.1. HW konfigurace vytvořená v TIA Portal V13.....	32
5.1.2.2. Vytvořená komunikace mezi PLC a HMI v programu TIA Portal V13.....	34
5.1.3. Tvorba programu.....	35
5.1.3.1. Vizualizace (HMI).....	35
5.1.3.2. Struktura programu PLC.....	54
5.1.3.3. Nadřazený řídicí systém od fa Metso DNA DAMATIC.....	56
<b>6. Testování funkčnosti vodního omývače a uvedení do provozu.....</b>	<b>58</b>
<b>7. Zhodnocení dosažených výsledků práce.....</b>	<b>60</b>
<b>8. Použitá literatura.....</b>	<b>64</b>
<b>9. Seznam příloh.....</b>	<b>65</b>

# 1. Úvod

V posledních letech je snahou mít plně automatizovaný provoz s požadavky na spolehlivý a bezporuchový chod bez nutnosti zásahu člověkem, který může být možným zdrojem poruch vlivem omylů, únavy atd.. Navíc se také jeho cena práce neustále zvyšuje, čímž dochází ke zvyšování nákladů výroby.

Použití programovatelných automatů v automatizační technice je na denním pořádku. Automatizační technika zasahuje v dnešní době téměř do všech částí průmyslu. Programovatelné automaty se zde používají jako řídicí prvek, který provádí veškeré nutné operace pro správný a bezpečný chod továren, výrobních linek nebo speciálních strojů.

Tato práce řeší řízení vodního omývače pomocí programovatelného automatu včetně:

- Navržení a nakreslení elektrodokumentace (v E-PLAN)
- Výrobou rozvaděče, instalací, zapojením a natažením kabeláže vč. napojení na nadřazený řídicí systém DNA DAMATIC
- Navržení a naprogramování řídicího systému pomocí PLC od firmy Siemens s naprogramováním vizualizace na operátorském panelu Siemens
- Odzkoušením řídicího systému vč. veškerých blokáží, loop testů a případného odladění

## 1.1. Místo instalace

Řízení vodního omývače regeneračního kotle je nainstalováno v podniku Biocel Paskov a.s..

Biocel Paskov a.s. je akciovou společností se sídlem v Paskově, v Moravskoslezském kraji České republiky. Tradice výroby buničiny v této oblasti sahá do konce 19. století.

- Tradice výroby delší než 100 let

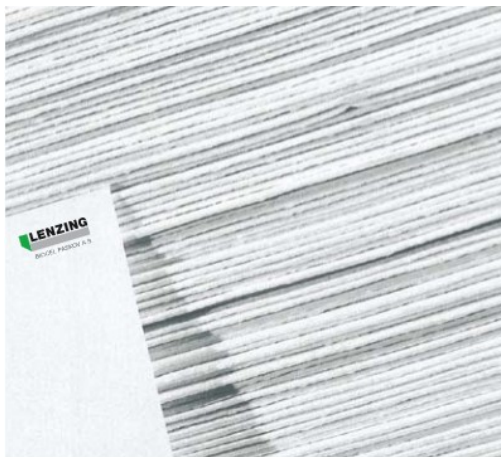
V akciové společnosti Biocel Paskov, ve společnosti, která vyrábí viskóзовou buničinu (Obr. 1.1) pro textilní průmysl. Akciová společnost Biocel Paskov ve své činnosti navazuje na vratimovskou celulózku, která na severovýchodě České republiky zahájila svou činnost již v roce 1883. Do roku 2012 byla v Paskově vyráběna sulfitová buničina pro papírenský průmysl. Více než 90 % bylo každoročně exportováno na světové trhy.

- Spojení se skupinou Lenzing

V roce 2010 se stal Biocel Paskov a.s. součástí nadnárodní skupiny Lenzing, největšího světového výrobce viskóзовých vláken používaných zejména v textilním průmyslu. S investicí přesahující dvě a půl miliardy korun Biocel Paskov změnil technologii výroby papírenské na viskóзовou buničinu, zvýšil ekonomickou výkonnost a udělal další kroky ke zlepšení ochrany životního prostředí. Nová technologie umožňuje ještě dokonalejší využití dřevní hmoty.

Změna technologie výroby umožňuje přizpůsobit se požadavkům trhu a vyrábět buď viskóзовou, nebo papírenskou buničinu.

Kapacita výroby je 260 tisíc tun viskóзовé buničiny ročně. [1],[2]



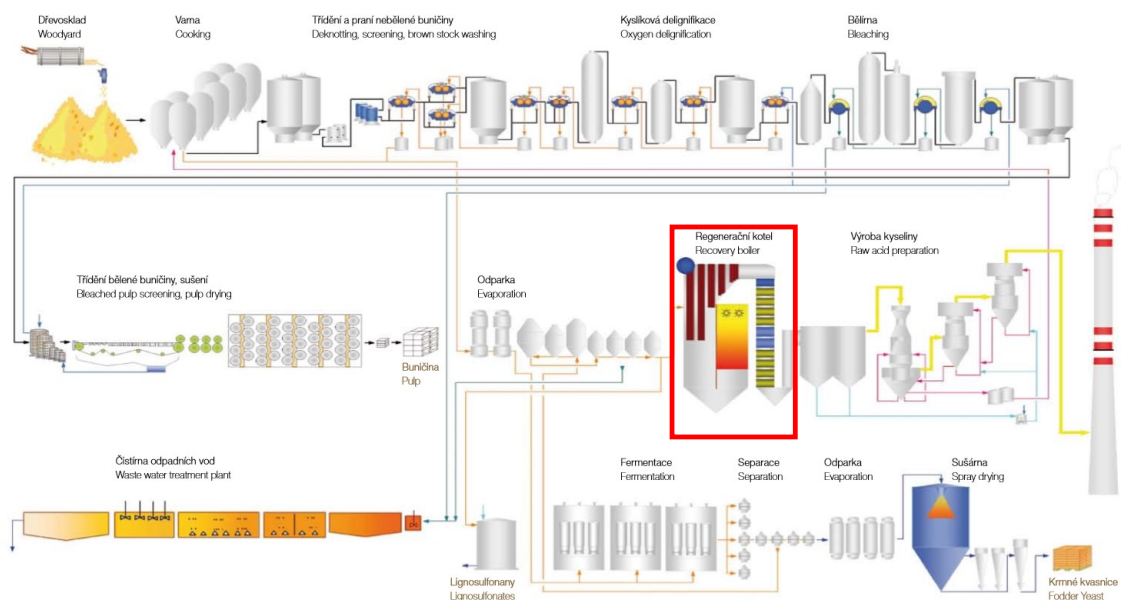
Obr. 1.1 Konečný produkt v Biocel Paskov a.s. – viskóзовá buničina, která se balí po arších do balíku [1]

### 1.1.1. Schéma výrobní technologie v podniku Biocel Paskov a.s.

#### Výrobní technologie

Production technology

Biocel Paskov vyrábí buničinu magnesiobisulfitovým výrobním procesem. Biocel Paskov manufactures pulp on the basis of a magnesium bisulfite production process.



Obr. 1.2 Výrobní technologie v podniku Biocel Paskov a.s.[1]

„Přechod z výroby papírenské buničiny na buničinu viskózovou znamenal pro společnost zrealizovat nejmodernější technologii výroby v tomto oboru a zabezpečit ochranu životního prostředí. Pro úspěšnou konverzi bylo nutno doplnit stávající technologii novým výrobním zařízením.

Mezi zásadní investice patřila výstavba sodné odparky a sodného kotle. Uhličitán sodný, vznikající v sodném kotli ve formě taveniny, je použit k neutralizaci odpadních vod na čistírně odpadních vod, soda ve formě prášku je použita jako surovina v chemickém průmyslu. Vyrobená pára z tohoto technologického kotle slouží k výrobě zelené energie.

Dostatečné množství chladicí vody je zabezpečeno výstavbou dalších chladicích věží. Cílem konverze je výroba 240 tisíc tun viskózové buničiny s množstvím navýšení až na 300 tisíc tun ročně.“[1]

### 1.1.2. Popis funkce regeneračního kotle v podniku Biocel Paskov a.s.

Výluh (získaný z provozu varny) je ve výluhových hořácích rozprašován parou a vstřikován do spalovací komory regeneračního kotle, kde hoří za přívodu spalovacího vzduchu.

Produktem spalování je popílek obsahující MgO a kouřové plyny obsahující SO<sub>2</sub>. Popílek je pomocí elektrofiltrů oddělován z proudu spalných plynů, skladován v silech a znovu používán pro výrobu kyseliny.

SO<sub>2</sub> obsažený v plynech je veden na absorpci. Spalného tepla výluhu je využito k výrobě vysokotlaké páry v množství max. 142 t/hod., které pokrývá nadpoloviční spotřebu páry v závodě. Využití regeneračního kotle jako chemického reaktoru umožňuje plnou recyklaci chemikálií s ohledem na životní prostředí. Na Obr. 1.2 je regenerační kotel zvýrazněn červeným obdélníkem.

Regenerační kotel splňuje v závodě následující funkce:

- chemický reaktor ke štěpení MgSO<sub>3</sub> a MgSO<sub>4</sub> z hustého výluhu
- parní generátor pro vysokotlakou páru
- likvidace zápachu vysoce těkavých, nízko kondenzovatelných plynů nebo plynů o nízkých koncentracích z různých nádrží a ostatních míst podniku [2]

### 1.1.3. Funkce vodního omývače v regeneračním kotli:

- Vodní omývač slouží jako jeden z možných způsobů údržby čistění kotle **během jeho provozu**
- Mezi další způsoby údržby čistění kotle během jeho provozu slouží např. vodní děla, zvukové ofukovače a jiné...
- Vodní omývač pomocí trysky, která se postupně zasouvá do kotle a zároveň rotuje kolem své osy, omývá tlakem vody jednotlivé svazky trub, které tvoří stěny výparníku v kotli. Podle navolení omývacího cyklu omývá buď jen v tzv. ostříkových rovinách mezi svazky trub anebo trvale mezi jednotlivými svazky trub.

Vodní omývač, který je nainstalován na regeneračním kotli je od firmy Clyde Bergemann.

Při procesu spalování výluhu v regeneračním kotli dochází k nánosům, které zhoršují přestup tepla na teplosměnných plochách tepelných zařízení.

Tyto nánosy po aplikaci čisticích prostředků (vodního omývače, vodních děl či zvukových ofukovačů) buď odhoří, nebo se oloupou a odpadnou tak do nádob, které jsou určeny pro popílek a které se pravidelným odvážením vyprazdňují a znovu vracejí.

Regenerační kotel má výparník (Obr. 1.3) ve formě trubkových/membránových stěn, které omezují ohniště a dovolují uspořádat geometricky jeho prostor tak, aby plně vyhovoval potřebám spalovacího procesu.

Výparník je zařízení, kde se z napájecí vody kotle tvoří sytá pára. Podle tlaku a teploty se předává ve výparníku cca 30 až 70 % tepla v kotli.

Většinou vyšší hodnoty předaného tepla jsou u nižších tlaků a tlaků cca 4 Mpa a 400 °C.

Funkční části jsou trubky tzv. varnice, kde se předává teplo k odpaření. Časté je využití stěn kotle jako části výparníku tzv. membránové stěny. Součástí může být i buben, zavádňovací trubky atd. Ve výparníku se musí vyrobit pára v množství odpovídající výkonu kotle.

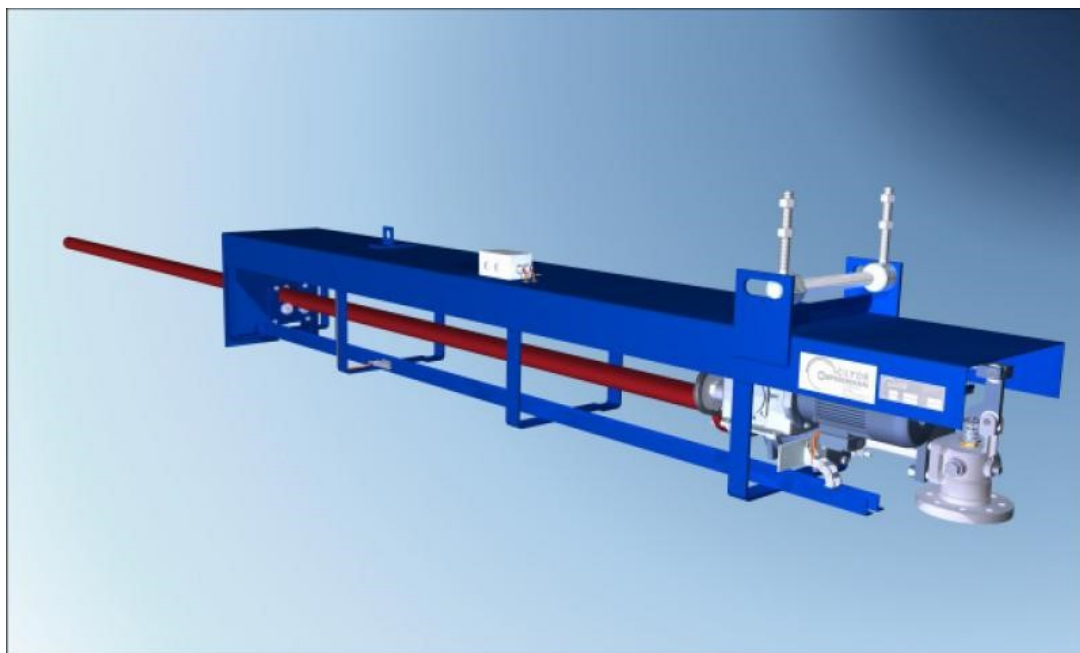
Ve výparníku nastává dvoufázové proudění – velmi složité jevy závislé na tlacích, hmotnostech, teplotách atd.. Musí být zajištěn trvalý přítok vody a trvalý průtok parovodní směsi systémem, tak aby docházelo k optimálnímu předání tepla. Zajištění průtoku pohybu je nuceným oběhem (čerpádem) nebo přirozeně (termosifónový účinek).

Trubky výparníků se provádějí holé, otrněné a omazané s praporky. Řešení trubek výparníku je v tzv. registrech - jednotlivé ucelené sekce.[1],[2]



*Obr. 1.3 Svazkový výparník ve formě trubkových stěn[3]*

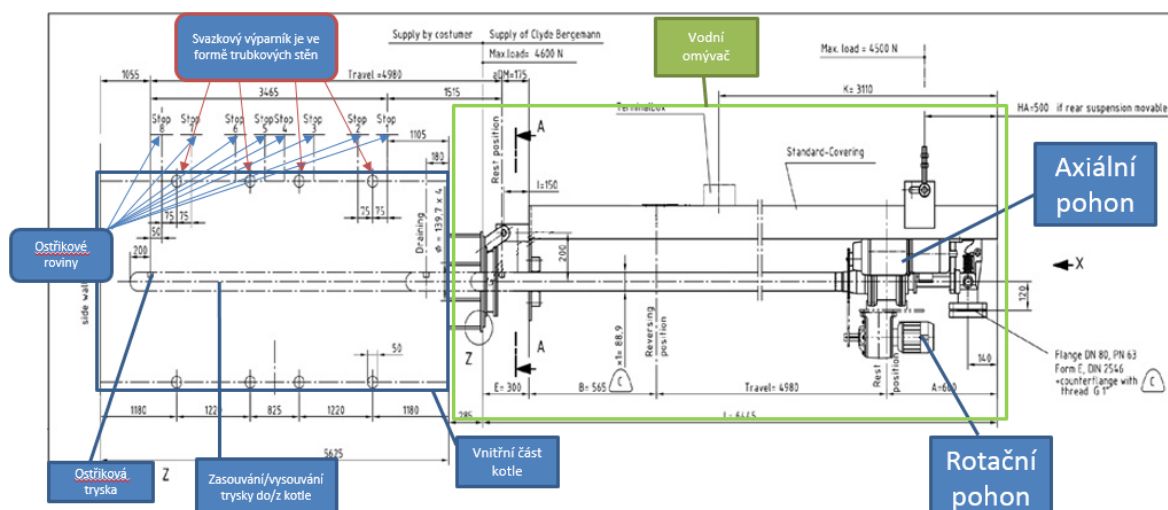
## 2. Vodní omývač od firmy Clyde Bergemann



Obr. 2.1 Vodní omývač od firmy Clyde Bergemann [4]

### 2.1. Schéma vodního omývače s popisem

Vodní omývač s částí regeneračního kotle v řezu, pro který byla vypracovaná elektrodokumentace, navržen a vyroben rozvaděč, naprogramováno řízení a vizualizace, vše zapojeno a odzkoušeno, je schématicky vyobrazeno na Obr. 2.2.



Obr. 2.2 Podélný řez vodního omývače s částí regeneračního kotle[4]



Obr. 2.2 znázorňuje řez vodním omývačem spolu s částí regeneračního kotle, na kterém jsou vidět jednotlivé ostřikové roviny s kótami. Dále je vidět maximální vysunutí trysky. Místo, kde se nachází tryska v poloze DRAIN a pohony sloužící pro axiální a rotační pohyb trysky.

Pohon, který je určený pro rotační pohyb trysky, je pomocí hřídele z pohonu spojen s převodovkou, která má převod dopomala a na hřídel z převodovky je uchycené ozubené kolečko, které pomocí řetězu předává posuvný pohyb na druhé ozubené kolečko, které je umístěno přímo na trysce a díky tomu dochází k otáčení trysky kolem její osy. Otáčivý pohyb je v rozsahu 360 °, čímž je docíleno ostřikování celé plochy a to buď jen v ostřikových rovinách anebo i v prostoru mezi jednotlivými svazky trub. Režim ostřikování se před začátkem spuštění navolí na operátorském panelu umístěném na samotných dveřích rozvaděče.

Pohon sloužící pro axiální posuv je také spojen s převodovkou s převodem dopomala, kde je následně otáčivý pohyb z hřídele převodovky převeden na ozubené kolečko, které se pohybuje po ozubené dráze, která je po celé délce vodního omývače. Ozubené kolečko svými jednotlivými zuby zapadá do ozubené dráhy a tím se tryska vodního omývače posouvá.

Při realizaci bylo snahou nezavádět zbytečně složité a nevhodné prvky řízení a tím zvyšovat možnost poruchovosti. Naopak snahou bylo, aby byl systém stabilní a pokud možno bezporuchový.

Vodní omývač stejně jako regenerační kotel je v nepřetržitém provozu a jen v době odstávky, která je vždy preventivně plánovaná jednou ročně či při nenadálém problému, poruše a to ať už na samotném vodním omývači, regeneračním kotli nebo jiném zařízení spojeném s touto částí technologie, dochází k odstavení vodního omývače a tím je umožněno provádět servisní nebo jiné zásahy včetně údržby zařízení. Ovšem vše jen v časech, které obvykle nejsou dostatečně dlouhé pro jakékoliv větší a složitější zásahy. Jiná možnost odstavení vodního omývače není a tak se při výběru vhodných komponent klad důraz na spolehlivost s pokud možno bezúdržbovým a bezporuchovým provozem. Vycházelo se z osvědčených přístrojů a zařízení, které jsou již delší dobu v podniku používány a o kterých se ví, že jsou bezúdržbové a bezporuchové.

Vodní omývač je tvořen z těchto dílčích částí:

- nosné konstrukce; přírub a oplechování, které tvoří tzv. nosnou konstrukci vodního omývače
- částí tvořící samotný vodní omývač (statickou trubkou a na ní se pohybující tryskou)
- pohonu pro axiální posuv; pohonu pro rotační posuv; koncových spínačů polohy; indukčního snímače tzv. polohy DRAIN
- laserového snímače polohy trysky
- snímače tlaků; průtokoměru; magnetických ventilů

Oba pohony jsou zapojeny tzv. napřímo, tedy nejsou řízeny jejich otáčky a jsou provozovány s jmenovitými parametry. Jak už bylo zmíněno, hřídele obou pohonů jsou spojeny s převodovkami dopomala, které zabezpečují vhodnou rychlost posuvu a otáčení vodního omývače. Rychlost vodního omývače tedy není možno nijak řídit a je dána převodovkou a převody v ní, které dodal výrobce vodního omývače fa Clyde Bergemann společně s pohony.

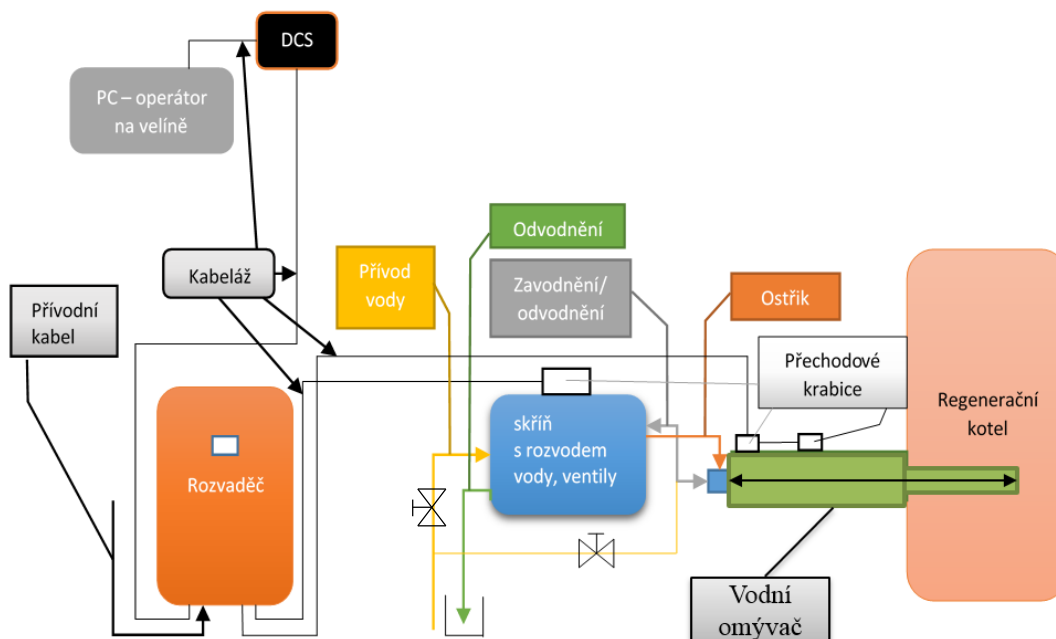
## 2.2. Úprava vodního omývače

Z důvodu prostředí, ve kterém je provozován vodní omývač regeneračního kotle, kde je z hlediska prašnosti a různých nečistot z provozu dosti vysoké riziko rychlého zanášení veškerých pohyblivých částí vodního omývače atd., tak se přistoupilo k dílčím úpravám na vodním omývači. Po konzultacích se navrhlo řešení, které upravuje vodní omývač (Obr. 2.1) tak, že nejen horní část vodního omývače, která byla už od výrobce chráněná před nečistotami a mechanickým poškozením trysky omývače pomocí plechů, přistoupilo se i na boční zakrytí vodního omývače a to mocí plexiskel, která jsou svými vlastnostmi lehká a také je u nich možnost sledovat skrze ně stav jednotlivých částí vodního omývače. Tímto doplňujícím řešením v podobě zakrytí bočních částí vodního omývače dojde k tomu, že se jen malá část nečistot dostane na zakryté části, vč. ozubené dráhy vodního omývače, po které se pohybuje ozubené kolečko, které je spojeno s axiálním pohonem.

Další z úprav navržených na základě prostředí, ve kterém je vodní omývač, je instalace vzduchotechniky, která nepřetržitě ofukává dokonale vysušeným vzduchem trysku vodního omývače po jejím obvodu na jednom místě. Tryska se zasouvá/vysouvá z/do kotle a díky tomuto vylepšení nedochází ke zbytečnému mechanickému přidírání během pohybu trysky, které by vznikalo z důvodů zanášení trysky nečistotami z provozu. Toto ofukování je prováděno nepřetržitě, i když není vodní omývač v provozu. Samotné ofukování je prováděno v blízkosti kotle před samotným zasouváním/vysouváním trysky do/z kotle. Vzduch pro ofukování je napojen na rozvod vzduchu, který je rozveden po celém podniku, který slouží pro různé technologické a strojní celky, čímž je zajištěný konstantní tlak a kvalita vzduchu.

K dalším zásadním změnám na vodním omývači nedošlo. Jen při samotné montáži elektrozařízení bylo navrtáno do konstrukce vodního omývače několik děr, které slouží pro přichycení hliníkových trubek, ve kterých je vedená kabeláž a také k přichycení přechodových krabic a indukčního snímače signalizujícího tzv. polohu DRAIN.

### 3. Návrh řešení vodního omývače regeneračního kotle



*Obr. 3.1 Blokové schéma vodního omývače s popisem*

Blokové schéma (Obr. 3.1) znázorňuje návrh řešení vodního omývače regeneračního kotle se všemi náležitostmi, které se týkají vodního omývače a bez níž by nemohl být vodní omývač provozován. Tento návrh byl zrealizován a takto vypadá konečné řešení vodního omývače regeneračního kotle.

### 3.1. Hlavní prvky řešení

- vodní omývač
- rozvaděč
- skříň s rozvodem vody, ventilů, průtokoměrem, tlakoměrem
- DAMATIC (nadřazený řídicí systém)
- PC operátora na velínu

V blokovém schématu na Obr. 3.1 vidíme vodní omývač znázorněný se zasunutou tryskou v regeneračním kotli a s vyobrazením posunu trysky vodního omývače pomocí obousměrné šipky. Dále vidíme samotný rozvaděč, ve kterém je kompletní elektročást vodního omývače včetně řídicí systém s umístěným operátorským panelem na dveřích rozvaděče.

Také je vidět skříň, ve které je rozvod vody včetně ručních ventilů, technologických ventilů s pneumatickým pohonem, tlakoměru, průtokoměru a regulátorem tlaku vzduchu s filtrem a manometrem.

Voda nezbytná pro samotný provoz vodního omývače má dvojí význam:

- slouží jako médium pro omývání mezi jednotlivými svazky trub, které tvoří stěny výparníku
- od polohy DRAIN dochází k tzv. zavodnění vodního omývače a tím k chlazení trysky

Přívod vody, bez kterého by nemohl vodní omývač fungovat, je napojen na vodovodní řád v závodě, který má určitý tlak daný okolnostmi ve výrobě. Tento tlak vody je dostačující pro samotný provoz vodního omývače s tím, že je tlak neustále hlídán řídicím systémem. Výrobce stanovuje meze pro tlak vody, ve kterých může být vodní omývač provozován. Meze se nastavují a zároveň zadávají pro řídicí systém na operátorském panelu umístěném na dveřích rozvaděče.

Přívod vody je zaveden do skříně (prázdná skříň byla dodána firmou Clyde Bergemann) ve které se dále větví na dva okruhy (Obr. 3.2):

- jedním okruhem vede voda pohyblivým přívodem do hlavice vodního omývače pro ostřík
- druhý okruh slouží pro zavodnění/odvodnění vodního omývače, který je taktéž řešen pohyblivým přívodem vedeným do hlavice vodního omývače

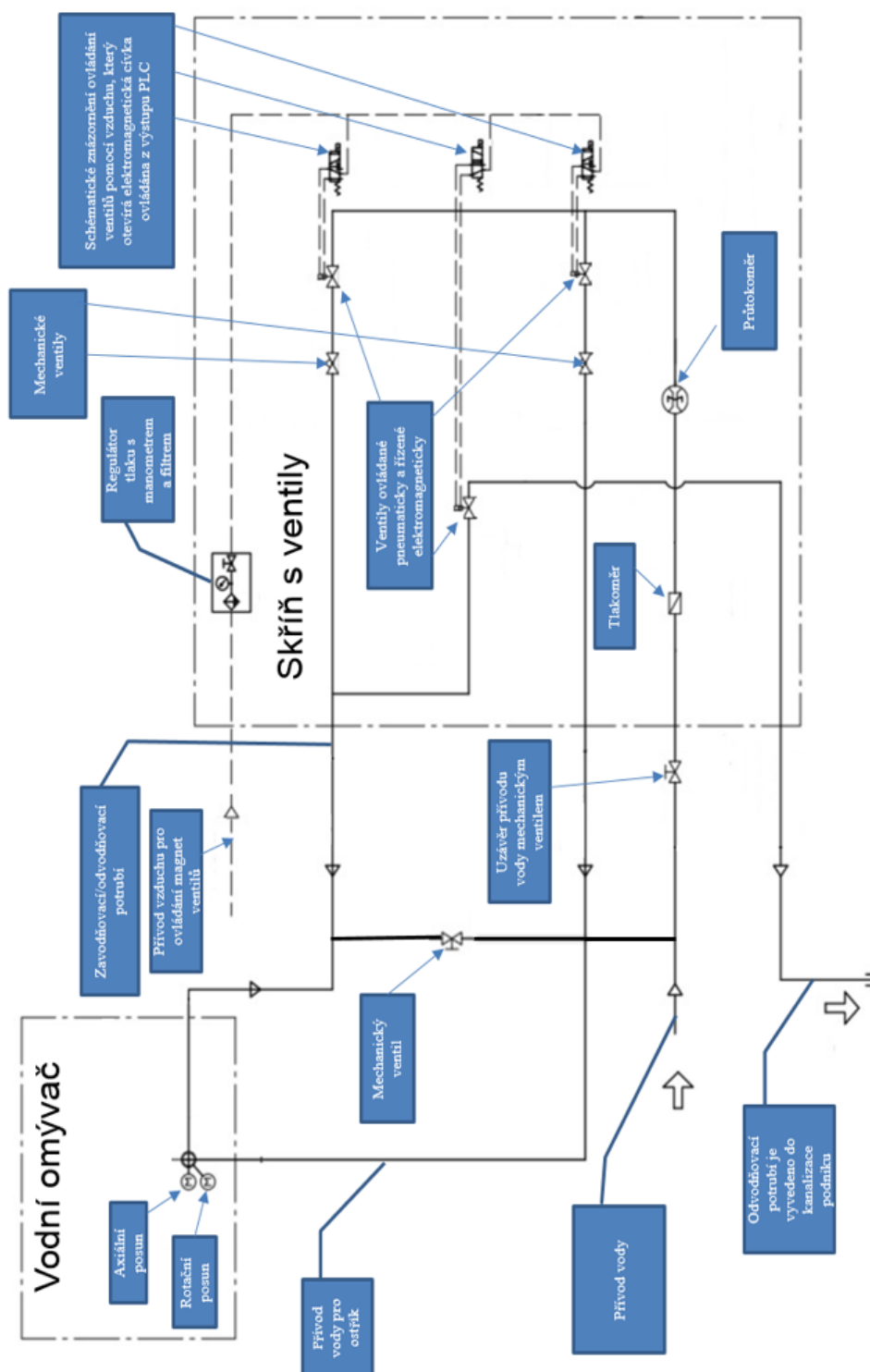
Pohyblivé přívody byly zvoleny z důvodu vibrací, které vznikají za provozu regeneračního kotle a vlivem pohybu médií v přilehlých potrubích. Tyto technologické vibrace se přenáší na vodní omývač a to přesto, že je samotný vodní omývač zavěšen a umístěn na tlumičích. Tlumiče ovšem zachytí jen velké otřesy a tak se malé vibrace dostávají na vodní omývač. Tyto malé vibrace vodnímu omývači pro jeho provoz nevadí, na rozdíl od velkých otřesů, které by vznikaly, kdyby nebyl vodní omývač přichycený ke konstrukci regeneračního kotle prostřednictvím tlumičů.

Pokud by nebyly zvoleny pohyblivé přívody, které vlastně tlumí vibrace a nevadí jim, tak by při pevném napojení potrubí došlo časem k prasklinám či trhlinám v místech sváru či vedle nich a k následné havárii vlivem úniku vody díky trhlinám či dokonce oddělením potrubí od sebe způsobené roztrhnutím potrubí. Dále mají pohyblivé přívody funkci servisní, kdy při servisním zásahu není problém s odpojením přívodů vody pro vodní omývač a jejich bezpečné přemístění tak, aby přívody vody nepřekážely při servisním zásahu na vodním omývačem.

Po celou dobu, kdy je tryska v kotli (od polohy DRAIN) musí být vodní omývač zavodněn, jinak by došlo vlivem teplot, které jsou v kotli velmi vysoké k deformacím trysky a k nenávratnému poškození vodního omývače a tím pádem k poškození celého kotle, protože by se vodní omývač tzv. upekl a nešlo by ho vlivem deformací a tavení dostat z kotle ven. Tento stav je jak pro vodní omývač, tak pro regenerační kotel velmi nebezpečný a nepřípustný.

Řídicí program byl navržen tak, aby se za každou cenu dostal vodní omývač z kotle ven. Pokud by to nebylo možno elektricky pomocí axiálního pohonu, tak je ještě možnost napojení mechanické kliky na převodovku pohonu a jejím otáčivým pohybem vysunout trysku vodního omývače z kotle ven. I při případných větších proudových odběrech axiálního posuvu je snahou dostat vodní omývač z kotle ven. Velký důsledek byl kladen na to, aby se dostal vodní omývač za každé situace z kotle ven.

### 3.1.1. Skříň s rozvodem vody



Obr. 3.2 Technologické schéma rozvodu vody s ovládáním a měřením



*Obr. 3.3 Pohled do skříně s rozvodem vody, ovládáním a měřením*

Součástí dodávky od firmy Clyde Bergemann je i skříň, která je předurčena výrobcem vodního omývače k umístění ventilů, průtokoměru, tlakoměru atd. (Obr. 3.3) a která byla dodána spolu s vodním omývačem prázdná.

Firma zabývající se rozvodem a montáží ventilů atd. instalovala do této skříně veškerý rozvod, který je znázorněn na Obr. 3.2.

Jak je vidět na Obr. 3.2 je přívod vody pro vodní omývač veden přes ruční ventil, který slouží k zastavení přívodu vody v případě poruchy či údržby na zařízení anebo pokud by bylo potřeba z nějakých jiných důvodů zastavit přívod vody k vodnímu omývači. Umístění ručního ventilu vody je vně skříně a to tak, aby bylo viditelné z místa operátorského panelu umístěného na rozvaděči a zároveň dobře a rychle dostupné pro obsluhu, která se nachází na plošině vodního omývače. Jeho zvolení umístění není tedy náhodné, protože takhle má alespoň obsluha po ruce ventil a okamžitě vidí jeho polohu a to i pokud není přímo u vodního omývače, ale nachází se u operátorského panelu.

Také pokud bude na daném zařízení z důvodů servisních či jiných pracovat mechanik a bude potřebovat mít zavřený přívod vody, tak se nebude muset bát o to, že mu někdo bez jeho vědomí ventil znovu otevře. Proto je tento ventil umístěný u samotného vstupu do skříně na obslužné plošině v těsné blízkosti vodního omývače.

Dále je voda vedena potrubím přes měření tlaku vody (PI 880) a následně měření průtoku vody (FI 882). Za tímto dvojím měřením je potrubí rozděleno na dvě části, kde jedna část potrubí vede přes technologický ventil a následně ruční ventil k vodnímu omývači a slouží jako zavodnění vodního omývače. Druhá část potrubí vede přes další technologický ventil a následně další ruční ventil k vodnímu omývači a má funkci ostřikování pomocí trysky vodního omývače.

Ruční ventily jsou na potrubí v případě havárie či údržby, která by si vynucovala případné zastavení dílčí části potrubí s vodou. Na Obr. 3.2 si ještě lze povšimnout dalšího ručního ventilu umístěného vně skříně, který je trvale v poloze zavřeno a jen pokud by byl problém se zavodněním vodního omývače a to z jakéhokoli důvodu, tak se tento ventil otevře, čímž dojde k neřízenému zavodnění vodního omývače a tím k odvrácení případné havárie vlivem toho, že by nedošlo k automatickému zavodnění vodního omývače v případě, že je vodní omývač v poloze DRAIN či dále za touto polohou směrem do kotle. Ventil je napojen na přívod vody a to ještě před mechanickým ventilem sloužícím pro uzavření přívodu vody do skříně s rozvodem vody.

Potrubí pro zavodnění slouží zároveň k odvodnění vodního omývače. Na schématu (Obr. 3.2) si lze všimnout odvodnění, které vede dále do kanalizace podniku a je přes technologický ventil napojeno na potrubí zavodnění za mechanickým ventilem, který opět slouží k případnému ručnímu zavření potrubí.



## 4. Výběr vhodných senzorů a pohonů pro pohyb vodního omývače

### 4.1. Snímání polohy trysky

Protože je pro řízení vodního omývače regeneračního kotle velice důležité vědět ve které poloze se tryska v kotli nachází, je tedy nutné velmi vysoké a přesné měření vzdálenosti polohy trysky od její výchozí polohy. Rozhodlo se tedy pro použití laserového dálkoměru LDM41/42 od firmy ASTECH Angewandte Sensortechnik GmbH, který veškeré požadavky splňuje.

LDM41/42



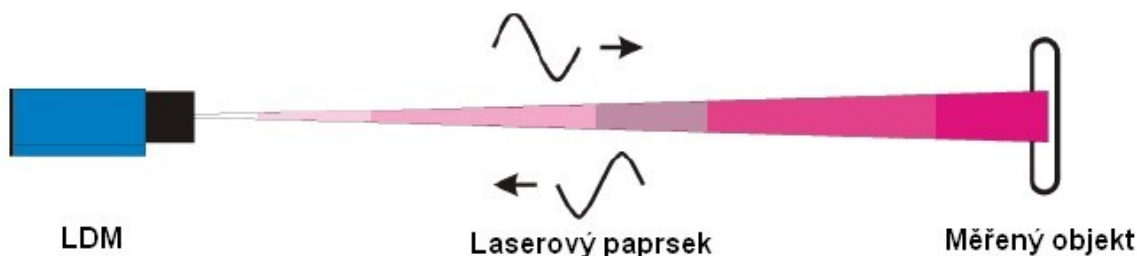
Obr. 4.1 Laserový dálkoměr LDM41/42 [5]

#### 4.1.1. Základní informace

„Měřicí přístroj LDM41/42 (Obr. 4.1) je laserový dálkoměr pro vysoce přesné měření vzdáleností od 0.1 m do více než 100 m navržený pro průmyslové použití. Pro snadné zaměření měřeného objektu je dálkoměr vybaven laserovým ukazovátkem. Konkrétní dosah LDM41/42 závisí vždy na odrazivosti, morfologii a kvalitě měřeného povrchu. Algoritmus zpracování signálu eliminuje problémy spojené s ultrazvukovými a radarovými měřidly a je tedy ideální volbou pro aplikace měření do 30 metrů, s reflektorem do 150 metrů. Tento přístroj byl vyroben pro průmyslové nasazení a poskytuje svým robustním provedením mnohostranné funkce.“[5]

#### 4.1.2. Princip měření vzdáleností

-princip měření vzdáleností je vyobrazen na Obr. 4. 2



Obr. 4. 2 Princip měření vzdáleností [5]

„Měřicí princip dálkoměru je založen na komparativním měření fázového posunu. Dálkoměr emituje vysokofrekvenční modulovaný světelný paprsek, který se od měřeného objektu odráží s určitým fázovým posunem. Odražený paprsek se porovná s referenčním signálem a podle velikosti fázového posunu se s milimetrovou přesností vypočítá měřená vzdálenost.“[5]

#### 4.1.3. Výstupní hodnota

Výstupní hodnotou z dálkoměru je analogový výstupní signál 4 – 20 mA, který je přivedený na vstupní analogovou kartu PLC. Analogový signál je v dokumentaci označen jako ZI 883.

**Analogový výstup laseru má tyto parametry**

Analogový výstup	4 mA – 20 mA Nastavitelný začátek a konec monitorovaného pásma Hodnota výstupu v chybovém stavu: 3 mA nebo 21 mA Odporové zatížení: $\leq 500 \Omega$ proti zemi Přesnost: $\pm 0.15 \%$ Maximální teplotní posun: 50 ppm/K
------------------	--

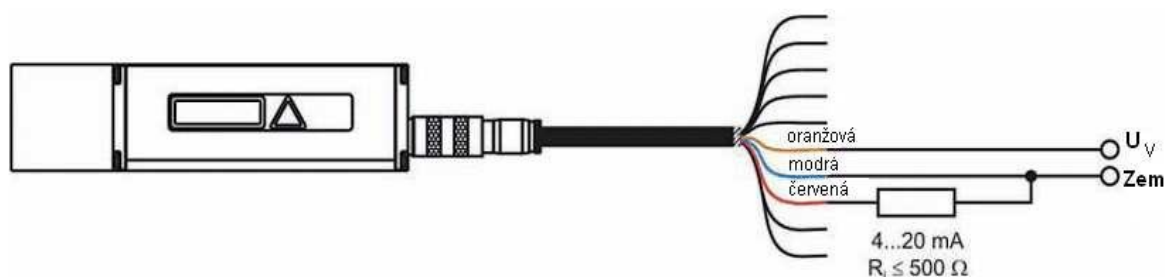
[5]

#### 4.1.4. Elektrická instalace laserového dálkoměru

„Na zadním krytu je instalován 12-ti pólový připojovací konektor typ Binder Series 723. Těsnění konektoru splňuje požadavky pro krytí IP 65.“[5]

Propojovací kabel byl objednáán s délkou 2 m, který se následně zavedl do přechodové krabice, z níž je veden signál v multikabelu do rozvaděče spolu s dalšími signály. Tím se ušetřilo na kabeláži.

Na Obr. 4.3 je vyobrazen laserový dálkoměr s kabelem a zapojením pro analogový výstup.



Obr. 4.3 Zapojení analogového výstupu 4...20mA [5]

Analogový výstup převádí naměřenou hodnotu vzdálenosti na proudový signál 4 - 20 mA. Hodnota proudového výstupu je úměrná změřené vzdálenosti. Pásmo, ve kterém se měření vzdálenosti provádí, je definováno parametry RB (začátek pásma) a RE (konec pásma). [5]

#### 4.1.5. Parametrizace laserového dálkoměru

Parametrizace laserového dálkoměru byla provedena podle přiloženého manuálu.

Pro parametrizaci byl použit notebook, na který byl nainstalován program LDM Tool. Tento software byl dodán společně se zakoupeným laserovým dálkoměrem. K laseru se notebook připojil pomocí sériového komunikačního portu RS232. Komunikační protokol je ve formátu ASCII.

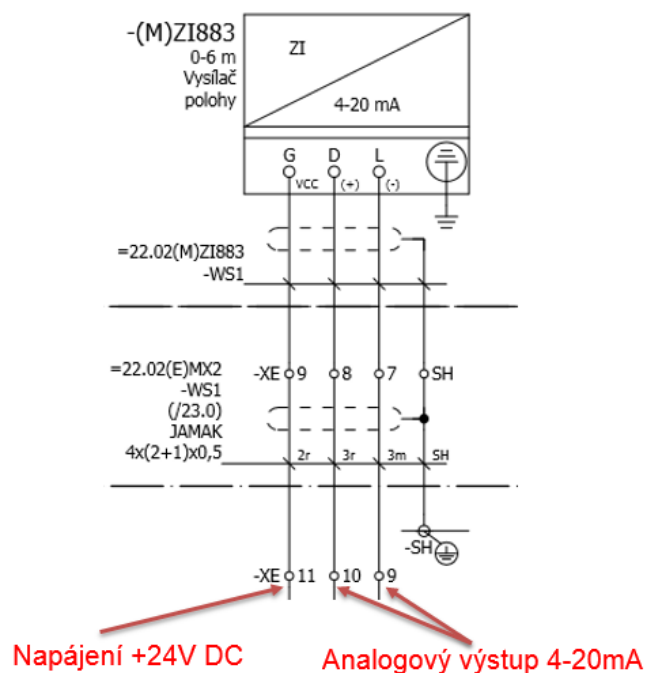
Před vlastním měření bylo potřeba nastavit základní parametry podle aktuálních podmínek v místě měření a podle charakteristiky vlastního měření. Provedené nastavení zůstane v paměti uloženo i po vypnutí napájení. Protože laserový dálkoměr má několik typů režimu měření, pro danou aplikaci se osvědčil a také zdál být nejvhodnější typ **DS**.

DS ..... kontinuální měření vzdálenosti do 7m

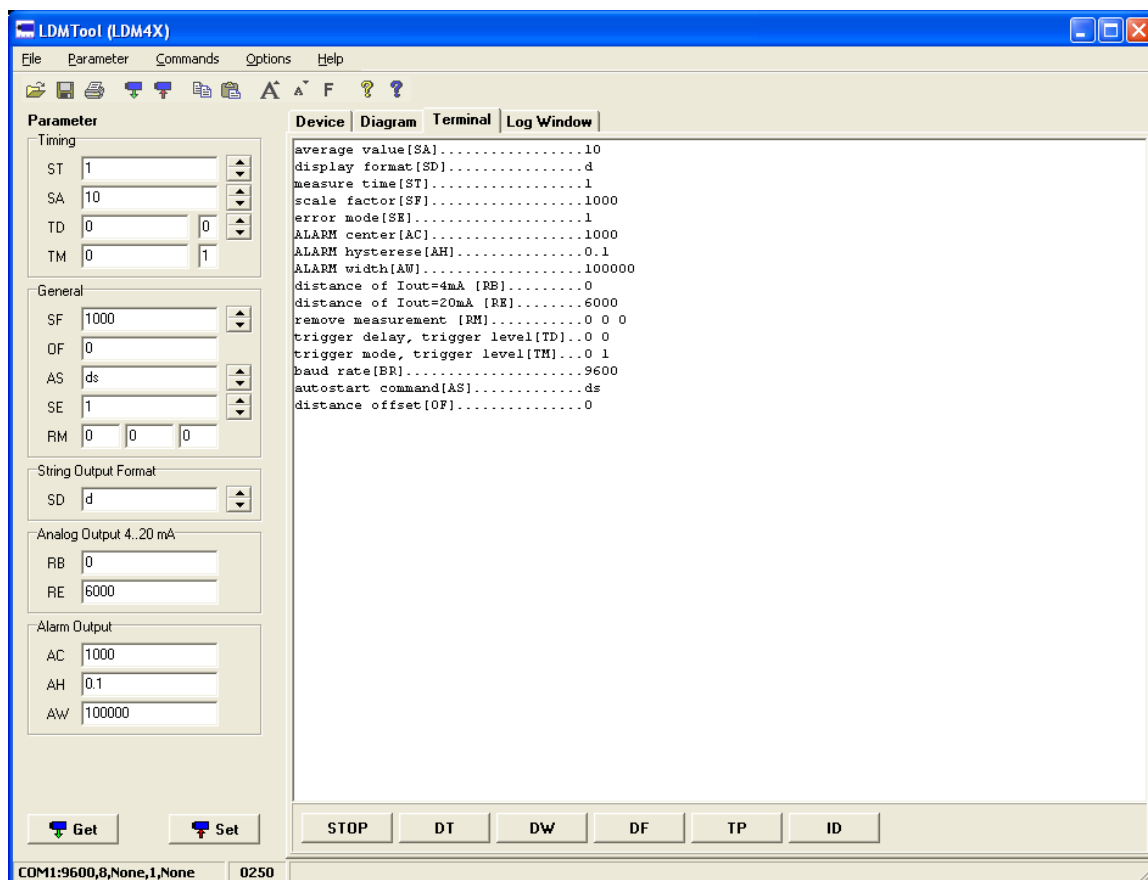
„Měřicí režim **DS** je vhodný pro měření objektů s různým druhem povrchu. Maximální vzdálenost měřeného objektu je 7 m, což bylo splněno. Délka vodního omývače je do 5 m.

Měření vzdáleností je možno spustit třemi způsoby. Po úvaze se zvolil způsob připojením napájecího napětí po předchozím nastavení funkce „Autostart“ na režim měření.“[5]

Přehled nastavení laserového dálkoměru v programu LDM Tool je na Obr. 4. 5.



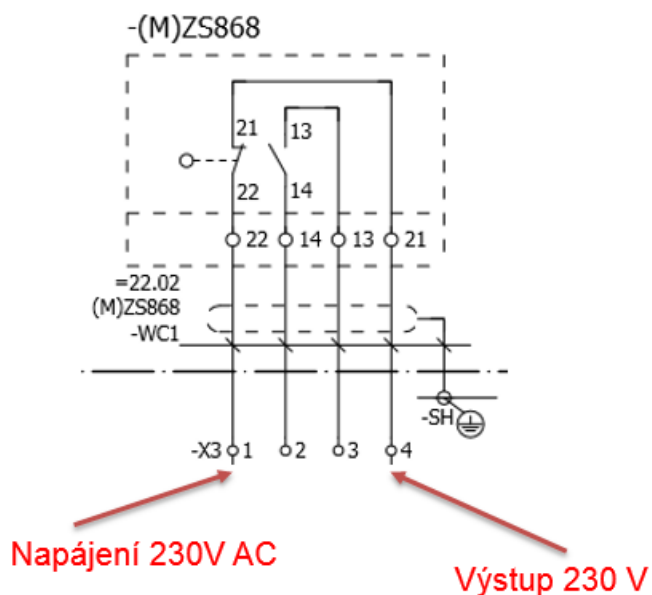
Obr. 4.4 Připojení laserového dálkoměru



Obr. 4.5 Nastavené parametry laserového dálkoměru v programu LDM Tool

## 4.2. Snímání výchozí polohy

Informace, zda je vodní omývač ve výchozí poloze, je velmi důležitá stejně tak, jako ostatní informace od dalších snímačů a čidel, které jsou na vodním omývači použité. Výchozí poloha slouží k tomu, aby mohl být omývací cyklus spuštěn, také informuje o bezchybném dokončení omývacího cyklu. Je to poloha, která také slouží, jako referenční hodnota od které se začíná měřit vzdálenost zasunutí trysky vodního omývače. Ke snímání výchozí polohy vodního omývače slouží koncový spínač, který byl dodán firmou Clyde Bergemann s vodním omývačem. Na vodním omývači již byl nainstalován. Koncový spínač má jeden kontakt spínací a jeden rozpínací (Obr. 4.7). V dokumentaci je označen jako ZS 868 a má zapojen rozpínací kontakt.



Obr. 4.6 Zapojení koncového spínače výchozí polohy ZS 868

<b>CLYDE BERGEMANN</b>	<b>Technical Specification Limit Switch EM 14 DS</b>	<b>R – E 732</b> Sheet: 1 of 1
----------------------------	--	-----------------------------------

<b>Technical Data:</b>	
Standards	Normalexecution; Alternative: EEx „d“ Execution
Degree of protecting of enclosure	IEC 947-5-1/EN 60947-5-1/ DIN VDE 0660 part 200 EN 60204-1
Housing material	Impact proof thermoplastic, UL 94-V0
Degree of protection	IP 67 acc. IEC 529 ; IP 675 acc. NF C 20-030
Contact material	2 µm gilded
Protection	Protection class 1 acc. IEC 536 and NF 20-030
Operating temperature	Operating: -25 to +90°C fixed wiring -5 to +90°C movable wiring Storage: -25 to +90°C
Mechanical endurance	10x10 <sup>6</sup> switching cycles
Actuating speed	4,5 m/min at the roller
Repeat accuracy	0,05 mm at 1 x10 <sup>6</sup> switching cycles
Operating data	250V AC 5A (AC 15) 230 V DC 0,2A (DC 13)
Minimum load	24 V 3mA
Insulating voltage	500V AC, 25-60 Hz
Rated operational current (AC 11)	5 A (220 V AC)
Switching system	Snap action
Type of teminals	Looked in wire 4 x 0,75 mm <sup>2</sup> lenght 1; 5 and 10m; wiring right (as drawn) possible lever position all 45° acc. DIN 40046
Climatic resitance	
Inscription	„Clyde Bergemann Logo“ Wiring diagramm Technical data

Obr. 4.7 Datasheet koncového spínače [4]

### 4.3. Snímání průtoku vody

Snímání průtoku vody slouží k informaci, zda není např. tryska vodního omývače přicpaná či naopak nemá vodní omývač netěsnosti a nedochází tak k úniku vody mimo ostřikování. Nastavení mezi průtokem se zadává na operátorském panelu, který je umístěn na dveřích rozvaděče a tímto způsobem je v programu PLC zamezeno, aby nedocházelo k omývání mimo nastavené meze průtoku.

Protože jsou v podniku Biocel Paskov a.s. převážně instalovány průtokoměry od firmy Endress + Hauser, které jsou místními provozními podmínkami a prostředím dlouhodobě prověřeny a osvědčeny, kde vykazují spolehlivý provoz s vysokou funkcí, tak se přistoupilo k použití průtokoměru od tohoto výrobce. Byl vybrán magneticko – indukční průtokoměr Proline Promag 50P v kompaktním provedení (Obr. 4.8).

„Promag P je preferovaným senzorem pro nejnáročnější aplikace v mnoha průmyslových odvětvích.

V kombinaci s osvědčeným převodníkem Promag 50, kde je ovládání prostřednictvím tlačítek, Promag 50P nabízí vysoce přesné měření kapalin pro nejrůznější aplikace. Promag 50P je určen pro vodivé kapaliny s korozivními účinky o vysokých teplotách v chemickém a zpracovatelském průmyslu. Promag 50P se dodává v kompaktním nebo odděleném provedení.“[6]

### Výhody

- Vhodné pro nejrůznější aplikace – velký výběr materiálů, které jsou v kontaktu s médiem
- Energeticky úsporné měření průtoku – díky konstrukci senzoru nevznikají žádné ztráty
- Rychlé uvedení do provozu – Quick Setups pro konkrétní aplikace
- Bezpečný provoz – na displeji je možno snadno odečítat provozní informace
- Zařízení je plně ve shodě s normami IEC, EN a NAMUR

### Oblast použití

Magneticko-indukční průtokoměr pro obousměrné měření kapalin o minimální vodivosti  $\geq 5 \mu\text{S/cm}$

- Kyseliny a louhy
- Barvy a laky
- Pasty a kaše
- Voda, odpadní voda atd.
- Měření průtoku až do  $9\,600 \text{ m}^3/\text{h}$
- Teplota média až do  $+180^\circ\text{C}$
- Pracovní tlaky až do 40 bar
- Vestavné délky podle DVGW/ISO

[6]

#### 4.3.1. Princip indukčních průtokoměrů

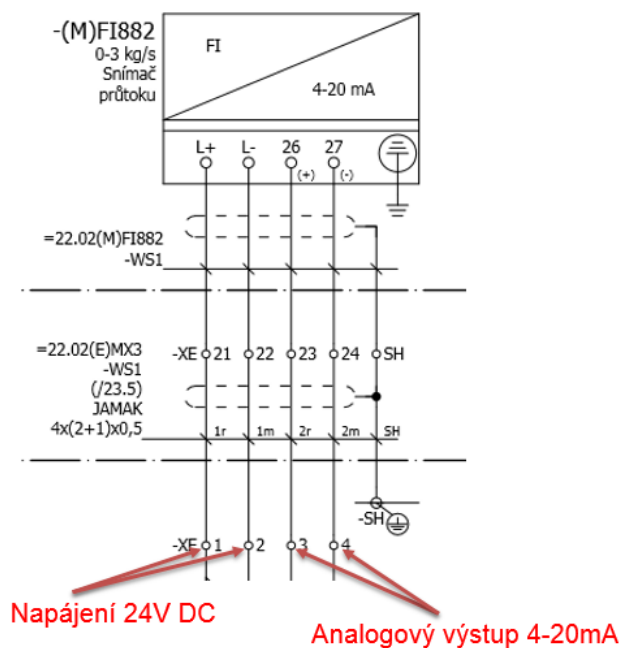
Indukční průtokoměry využívají Faradayova zákona o elektromagnetické indukci při pohybu vodiče v magnetickém poli. Pohybující vodič je představován elektricky vodivou kapalinou mezi elektrodami. Permanentní magnet nebo elektromagnet vytváří magnetické pole. Úsek potrubí musí být z neferomagnetického a nevodivého materiálu. Elektrody pro snímání indukovaného napětí jsou na vnitřní stěně trubky kolmo na směr magnetických siločar. Za určitých podmínek platí, že indukované napětí je úměrné střední rychlosti proudící kapaliny.





Obr. 4.8 Magneticko – indukční průtokoměr Endress + Hauser Proline Promag 50P [6]

Průtokoměr (Obr. 4.8) je zapojen na vstupní analogovou kartu. Výstupem z průtokoměru je stejnosměrná proudová smyčka 4-20 mA. V dokumentaci je průtokoměr označen jako FI 882 a je zapojen podle příložené dokumentace od výrobce.



Obr. 4.9 Zapojení průtokoměru

#### 4.4. Snímání tlaků v potrubí

Tlak vody, který je v potrubí, je snímán ve dvou místech (Obr. 3.2). Místa, kde je snímán tlak vody v potrubí, jsou na přívodním potrubí vedoucím k vodnímu omývači, kde je průmyslový snímač tlaku umístěn ve skříni s rozvodem vody (tlak, který je v dokumentaci označený jako PI 880) a pak na samotném omývači, kde se měří tlak na ventilu omývače (v dokumentaci je označen jako PI 881).

Tím je zabezpečeno hlídání potřebného tlaku vody pro správný chod vodního omývače. Stejně, jako u nastavení mezí pro průtok, tak i nastavení mezí pro tlaky je prováděno na operátorském panelu umístěném na dveřích rozvaděče. Výstupem průmyslového snímače tlaku je analogový stejnosměrný signál 4-20 mA, který je připojený na vstupní analogovou kartu. Údaje o tlacích vody v potrubí informují o netěsnostech v potrubí, nedochází-li k úniku vody vlivem jiných závad, zda není zastaven přívod vody či nemá-li přívod vody dostatečný tlak. Hlídání potřebného tlaku je důležité z toho důvodu, aby nedošlo k zapnutí omývače při malém a naopak při nadměrném tlaku. Příliš nízký tlak by dostatečně neomýval ostřikovou plochu a došlo by k neúčinnému ostřikování. Naopak vysoký tlak by mohl způsobit poškození samotného vodního omývače. Proto stanovuje výrobce vodního omývače předepsané rozmezí tlaků, ve kterých musí být vodní omývač provozován.

#### Použité snímače tlaků od firmy BD SENSORS

Jedná se o typ DMP 331 (nerezový sensor) vyobrazený na Obr. 4.10. K tomuto snímači tlaku se dokoupilo příslušenství v podobě zobrazovací jednotky PA 430, která je vyobrazena na Obr. 4.11.



Obr. 4.10 Průmyslový snímač tlaku pro nízké tlaky DMP 331 [7]

„Snímač tlaku DMP 331 (Obr. 4.10) je vhodný pro univerzální použití téměř ve všech oblastech průmyslu, pokud je médium slučitelné s nerezovou ocelí. Kromě toho jsou na výběr různá elastomerová těsnění nebo svařovaná verze.

Modulární konstrukce přístroje umožňuje kombinovat různé nerezové senzory a elektronické moduly s rozmanitými elektrickými a mechanickými připojeními. Díky tomu existuje široká škála variant, které splňují téměř všechny požadavky vznikající při průmyslových aplikacích.

#### **Přednosti:**

- nízká chyba vlivem teploty
- vynikající dlouhodobá stabilita
- tlaková přípojka G1/2“ čelní od 100 mbar

#### **Výstupní signál:**

- 2 vodič: 4 – 20 mA
- 3 vodič: 0 – 20 mA / 0 – 10 V

Základním prvkem snímačů DMP 331 jsou nerezová čidla tlaku, těsněná v pouzdře O-kroužkem, s přivařenou oddělovací membránou a oddělovací náplní s inertním olejem. Při působení tlaku dává polovodičové čidlo výstupní signál cca 100 mV (200 mV) při napájení konstantním proudem. Tento signál je teplotně kompenzován a pomocí vestavěné elektroniky zesílen a normován. Čidlo tlaku a elektronika jsou vestavěny do nerezového pouzdra. Způsob montáže zaručuje odolnost proti rázům a vibracím.“  
[7]

### **Zobrazovací jednotka se spínacími vstupy PA 430 od fa BD SENSORS**

Protože informace o tlacích by byla možná vidět jen na operátorském panelu, který je umístěný na dveřích rozvaděče a to jen na určitých obrazovkách, rozhodlo se pro zobrazení tlaků přímo na snímačích tlaků. Tuhle možnost nabízí výrobce snímačů tlaku s tím, že si zákazník dokoupí zobrazovací jednotku PA 430 a nainstaluje si jí přímo na snímač tlaku. Zobrazení tlaku přímo na snímači tlaku je mnohem komfortnější a obzvláště pro pracovníky, kteří nejsou obeznámeni s obsluhou vodního omývače a tudíž neznají možnosti zobrazení tlaků na operátorském panelu.

Navíc je tohle možnost informace tlaků pro pracovníky, kteří budou momentálně na plošině přímo u vodního omývače ideální, protože uvidí aktuální tlaky a nemusí scházet či se domlouvat s dalším pracovníkem, aby jim sdělil aktuální tlak vyčtený z operátorského panelu umístěném na dveřích rozvaděče. Tato možnost zlepšení komfortnosti zobrazení aktuálních tlaků nebyla součástí nabídky a požadavků zákazníka a tak se tento návrh na osazení průmyslového snímače tlaku příslušenstvím v podobě zobrazovací jednotky přednesl na jedné z pravidelných schůzek, kde se řešily případné problémy nebo návrhy, které by vedly ke zlepšení či zjednodušení realizace. Přednesený návrh vedoucí k možnosti zobrazení tlaků přímo na snímačích tlaků byl přijat kladně a průmyslové snímače tlaků byly doplněny o příslušenství v podobě zobrazovací jednotky PA 430, která je vidět na Obr. 4.11.

Zobrazovací jednotka umístěná na průmyslovém snímači tlaku může také posloužit k porovnání s hodnotami tlaků zobrazených na operátorském panelu.



Obr. 4.11 Zobrazovací jednotka PA 430 [8]

**Rozsah funkcí:**

- volně nastavitelný displej
- režim spínání switch mode, hysteresis, parameterizable deceleration of the contacts
- displej otočný o 330°
- konektor otočný o 300°
- bez nutnosti externího napájení

**Vlastnosti produktu:**

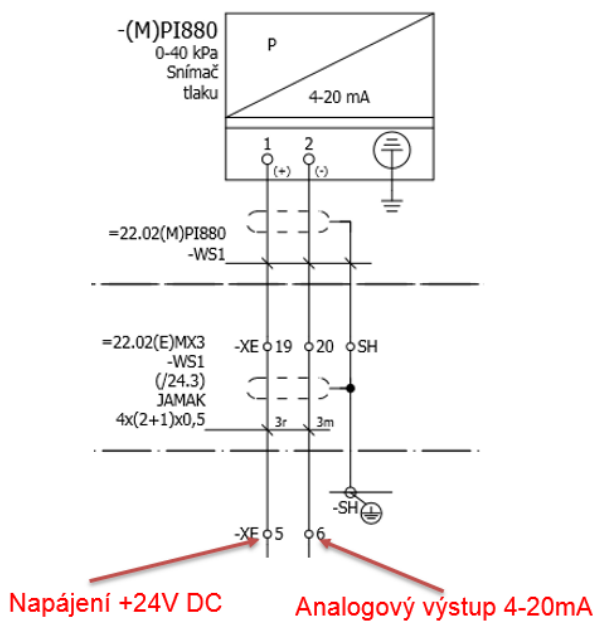
- násuvný displej pro snímače s výstupním signálem: 4 – 20 mA / 2 vodič  
nebo 0 – 10 V / 3 vodič
- 4místný LED displej

[8]



Obr. 4.12 Vyobrazený snímač tlaku se zobrazovací jednotkou a připojovacím konektorem [8]

Celkový pohled na sestavený snímač tlaku se zobrazovací jednotkou a připojovacím konektorem je na Obr. 4.12. Takto sestavený snímač tlaku zobrazuje neustále na displeji zobrazovací jednotky aktuální tlak.



Obr. 4.13 Zapojení snímače tlaku

## 4.5. Snímání reverzní polohy

Reverzní poloha je tzv. havarijní poloha, na kterou za běžných provozních podmínek vodní omývač nedojede. Jedná se tedy o polohu na samotném konci dráhy, po které se pohybuje vodní omývač. V případě selhání či jiné nenadále a nepředvídatelné události laserového měřiče vzdáleností by mohlo dojít k situaci, kdy by vodní omývač na tuhle reverzní polohu dojel, tedy na samotný konec dráhy vodního omývače. Reverzní poloha je, jak už název napovídá, změna směru posunu vodního omývače. Což znamená, že při dojetí vodního omývače na tuto polohu se začne vodní omývač okamžitě vracet zpět do výchozí polohy a to bez ostřihu a jakéhokoliv zastavování se. Reverzní poloha je realizována stejně jako výchozí poloha koncovým spínačem stejného typu (Obr. 4.7) se zapojeným spínacím kontaktem.

## 4.6. Snímání polohy DRAIN

Poloha DRAIN je tzv. poloha zavodnění a je to tedy poloha, kdy se tryska vodního omývače nachází na vnitřním okraji stěny kotle (nachází se tedy její začátek v kotli) a tudíž musí být zavodněna, jinak by došlo vlivem vysokých teplot, které jsou v kotli k destruktivnímu poškození vodního omývače a tím pádem k nemalým škodám. Tato pozice je hlídána pomocí indukčního snímače typu IG0092 od firmy IFM (Obr. 4.14).

Délka dráhy, která je snímána pomocí indukčního snímače od výchozí polohy až po polohu zavodnění (poloha DRAIN) je tvořena kovovým plechem umístěným na pojezdu vodního omývače. Tím je zabezpečený stav, kdy je ještě vodní omývač v poloze před zavodněním a kdy už je za polohou zavodnění a je tedy třeba vodní omývač zavodnit. V dokumentaci je označena poloha zavodnění jako ZS 886 (Obr. 4.15). Indukční snímač byl zvolen z důvodu jeho vysoké spolehlivosti a zároveň je relativně levným řešením pro danou funkci. Navíc požadavky a nároky dané provozem, prostředím a funkcí plně splňuje.



Obr. 4.14 Indukční snímač pro indikaci polohy DRAIN [9]



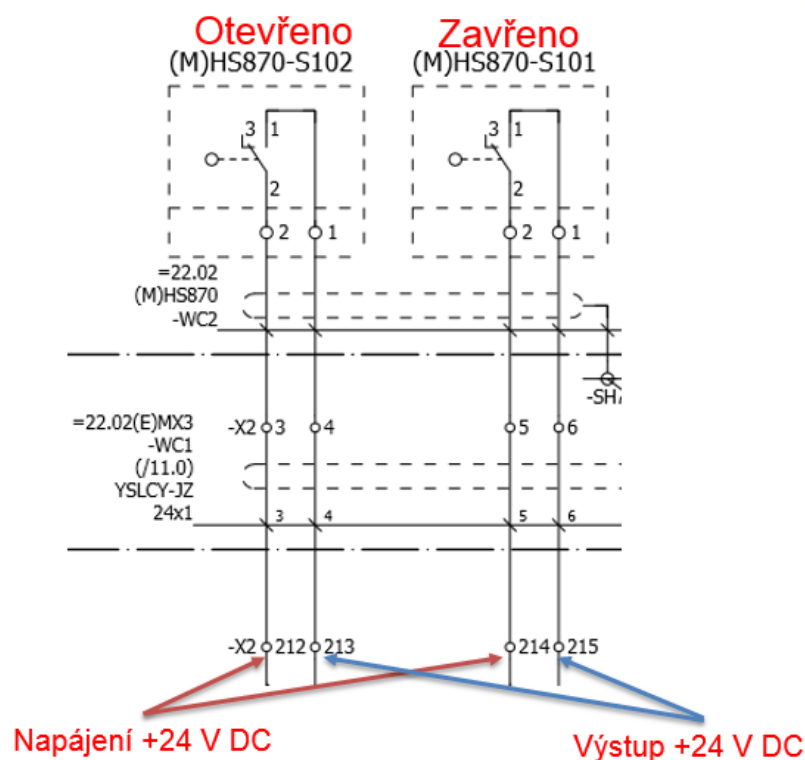




*Obr. 4.16 Regulátor vzduchu s filtrem a manometrem*



*Obr. 4.17 Technologické ventily s pneumatickým pohonem a nadstavbou s kontakty, které jsou ovládány magnetventily*



Obr. 4.18 Zapojení nadstavby s kontakty u technologických ventilů pro zjištění polohy ventilů

## 4.8. Pohony pro rotační a axiální pohyb

Vodní omývač pohání dva střídavé třífázové asynchronní motory s kotvou nakrátko dodané spolu s vodním omývačem a převodovkami dopomala. Motory jsou připojeny na podnikovou síť IT 660 V s tím, že jsou spínány pomocí stykače, ke kterému je připojena tepelná ochrana s jištěním pomocí pojistek umístěných před stykačem. Není tedy nijak řízená jejich rychlost. Tepelná ochrana za stykačem slouží k ochraně motoru při přetížení, kdy vlivem velkých proudů dochází k oteplení, které způsobí vypnutí tepelné ochrany. Pojistky zase chrání pohony před zkratem.

## 4.9. Měření proudu motoru

Protože jsou motory velmi důležitými prvky vodního omývače, rozhodlo se pro vřazení do obvodu jedné fáze obou motorů měřicí transformátor proudu s následným napojením sekundárního obvodu měřicího transformátoru proudu na převodník střídavého proudu SINEAX I 542 dodaný firmou GMC – měřicí technika s.r.o., který převádí proud z rozsahu 0-1 A na rozsah 0-20 mA. Takto převedený signál je přiveden na vstupní analogovou kartu, kde se signál zpracuje a je s ním dále pracováno v programu PLC (v dokumentaci je označen jako EI 885 a EI 886). Tím se hlídá možné přetěžování pohonů, které by časem mohlo vést ke spálení vinutí motoru a tím pádem k nepohyblivosti vodního omývače, což by mělo v případě axiálního posuvu devastující následky a to především v případě, kdy by zůstal vodní omývač zasunut v kotli.

Tepelná ochrana svými vlastnostmi nedokáže rozpoznat, zda je motor lehce přetěžován a tím může docházet ke zkracování životnosti pohonu. Tímto způsobem se dá vyzorovat, jak moc je odebíraný proud v jedné fázi větší, než je udávaný jmenovitý proud motoru, z čehož se už dá usoudit, zda je třeba provést opatření, která by vedla ke snížení odběrů motoru či naopak ponechat motor dále v provozu s častějším pozorováním jeho odběru proudu a pak případně provést příslušná opatření.

Přetížení pohonu nemusí být způsobeno jenom technologickým problémem (stárnutím materiálu ložisek atd.), ale také špatně dotaženou ucpávkou, kdy při velkém utažení ucpávky sice nedojde k úniku vody při zavodnění a pohybu omývače, ale zase na druhou stranu dochází ke zvýšení tření při pohybu a tím k navýšení odběru proudů motorů. Pohony musí překonávat velký odpor v podobě tření. Tímto hlídáním odběru proudu motoru se dá velmi dobře zvolit utažení ucpávky. Toto se velmi osvědčilo, když se zjistilo, že jsou zvýšené proudy motorů díky značně utažené ucpávce. Po mírném povolení ucpávky byl problém s velkými odběry proudů motorů vyřešen. Došlo se tedy k názoru, že hlídání odběru proudu motorů se vyplatilo.

Použitý převodník střídavého proudu SINEAX I 542 se vyrábí ve dvou variantách. Abychom využili celý rozsah měření, rozhodlo se pro použití varianty s dvěma měřicími rozsahy 1/5 A s tím, že vzhledem k velikostem jmenovitých hodnot proudů motorů se zapojily oba převodníky na rozsah 1 A. Tím se lépe využil měřicí rozsah. Měření je tak přesnější. Na Obr. 4.20 je vyobrazen SINEAX I 542. Převodník střídavého proudu SINEAX I 542 jak už bylo zmíněno, nebyl zapojen napřímo, ale přes měřicí transformátor proudu (Obr. 4.19), čímž se zajistilo galvanické oddělení.

Měřicí transformátory proudu byly použity závitového typu, dodané firmou GHV Trading spol. s r.o., typ WSK 30 s objednacím číslem 30212 a převodem 2,5/1.



Obr. 4.19 Měřicí transformátor proudu závitového typu WSK 30 [11]



Obr. 4.20 Převodník SINEAX I 542 upevněný na liště DIN 35 mm [10]

## SINEAX I 542

### Převodník střídavého proudu

- Bez pomocného napájení
- Měření střední hodnoty proudu
- S 2 měřicími rozsahy
- Pouzdro P8/35 pro montáž na lištu

### Použití

Převodník SINEAX I 542 převádí sinusový střídavý proud na vnucený stejnosměrný proud. Výstupní signál je přímo úměrný měřené hodnotě a slouží k zobrazování, registraci, sledování a/nebo regulaci.

Převodník splňuje nejdůležitější požadavky a předpisy ohledně elektromagnetické kompatibility a bezpečnosti (IEC 1010 příp. EN 61 010). Je vyvinut, vyroben a přezkoušen podle normy ISO 9001.

### Charakteristika, konstrukce a princip činnosti

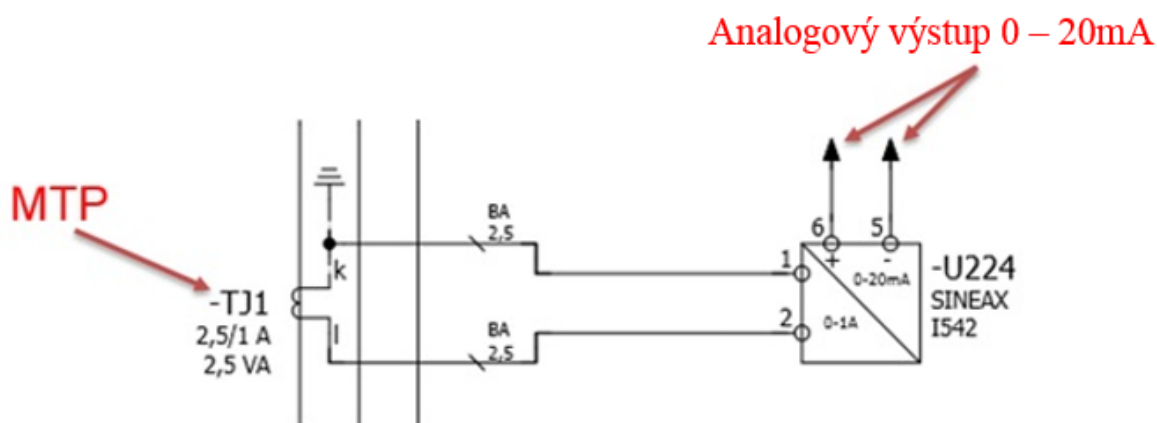
Vstupní signál: 2 měřicí rozsahy, 1/5 nebo 1,2/6 A v jednom přístroji

Proudový měřicí rozsah 0 – 100 %  $I_N$

Malá vlastní spotřeba / menší zatížení použitého měniče

Nevyžaduje pomocné napájení / menší nároky na kabeláž

Převodník se skládá z měniče, usměrňovače a zesilovače. Měřená veličina je měničem galvanicky oddělena od elektroniky a v následující usměrňovací jednotce usměrněna a vyhlazena. Zesilovač, jehož napájení je odvozeno z měřeného signálu, převádí měřenou veličinu na výstupní vnucený stejnosměrný signál. [10]



Obr. 4.21 Zapojení MTP s převodníkem SINEAX I 542

## 5. Realizace a implementace řídicího algoritmu vodního omývače RK v PLC S7-300

Úkolem bylo zrealizovat a implementovat řídicí algoritmus vodního omývače pomocí programovatelného automatu S7 – 300 od firmy Siemens. Takový byl požadavek zákazníka s tím, že mají standardně tyto programovatelné automaty nainstalované na provozech a tím mají zajištěnou jednotnou koncepci při udržování náhradních dílu na skladu. Níže jsou podrobněji specifikovány části řídicího systému, který byl použit s popisem postupu realizace.

### 5.1. Popis řídicího systému

V požadavcích zákazníka bylo, aby byl vodní omývač řízen systémem PLC SIMATIC S7-300 s vizualizací, která se umístila na dveře rozvaděče a to vše od výrobce Siemens.

Na základě požadavku od dodavatele technologie vodního omývače, řídicího předpisu vytvořeného spolu s techniky a technologií regeneračního kotle doplněného o připomínky operátoru se nakreslila elektrodokumentace, z níž se následně vytvořila tabulka vstupů /výstupů a na základě těchto podkladů se rozhodlo zvolit řídicí systém PLC Siemens SIMATIC S7-312 s vizualizací na HMI TP 177 A.

#### 5.1.1. Tabulky vstupů a výstupů

Vytvořená tabulka všech vstupů a výstupů (PLC je označeno jako PLC\_1):

##### Binární vstupy PLC\_1 Karta1

Označení	Označení v PLC	Popis	Poznámky
DI 0.0	ZS 868	Koncový spínač- klidová poloha	
DI 0.1	ZS 869	Koncový spínač- reverzní poloha	
DI 0.2	HS 870	Ofukovací ventil Y10 - open	S102
DI 0.3	HS 870	Ofukovací ventil Y10 - close	S101
DI 0.4	HS 871	Zavodňovací ventil Y11 - open	S112
DI 0.5	HS 871	Zavodňovací ventil Y11 - close	S111
DI 0.6	HS 872	Odvodňovací ventil Y12 - open	S122
DI 0.7	HS 872	Odvodňovací ventil Y12 - close	S121
DI 1.0	MB 224	M1 MCC porucha	
DI 1.1	MB 225	M2 MCC porucha	
DI 1.2	XS 873	Start z DNA	data z DNA
DI 1.3	XS 874	Stop z DNA	data z DNA
DI 1.4	XS 875	Místně/Dálkově - z DNA	data z DNA
DI 1.5	ZS 886	Poloha DRAIN	
DI 1.6	nevyužito	Reserve	
DI 1.7	nevyužito	Reserve	

Tab. 5. 1 Tabulka vstupů

### Binární výstupy PLC\_1 Karta1

Označení	Označení v PLC	Popis	Poznámky
DO 0.0	HS 870	Ofukovací ventil Y10	
DO 0.1	HS 871	Zavodňovací ventil Y11	
DO 0.2	HS 872	Odvodňovací ventil Y12	
DO 0.3	MB 224	Motor M1 axiálního pohybu - pohyb dovnitř	
DO 0.4	MB 224	Motor M1 axiálního pohybu - pohyb ven	
DO 0.5	MB 225	Motor M2 rotačního pohybu	
DO 0.6	XS 876	Pohyb trysky dovnitř - pro DNA	data pro DNA
DO 0.7	XS 877	Pohyb trysky ven - pro DNA	data pro DNA
DO 1.0	XS 884	Ofukovač připraven	data pro DNA
DO 1.1	XS 878	Poloha trysky venku -pro DNA	data pro DNA
DO 1.2	XS 879	Porucha sumární hláška - pro DNA	data pro DNA
DO 1.3	XS 885	Omývací cyklus běží	data pro DNA
DO 1.4	nevyužito	Reserve	
DO 1.5	nevyužito	Reserve	
DO 1.6	nevyužito	Reserve	
DO 1.7	nevyužito	Reserve	

Tab. 5. 2 Tabulka výstupů

### Analogové vstupy PLC\_1 Karta2

Označení	Označení v PLC	Popis	Poznámky
AI-1	PI 880	PI1 - Tlak v čerpací stanici	PIW 272
AI-2	PI 881	PI2 - Tlak na ventilu ofukovače	PIW 274
AI-3	FI 882	FI - Průtok vody	PIW 276
AI-4	ZI 883	Poloha trysky	PIW 278
AI-5	EI 885	Proud mot. M1 (MB 224)	PIW 280
AI-6	EI 886	Proud mot. M2 (MB 225)	PIW 282
AI-7	nevyužito	Reserve	
AI-8	nevyužito	Reserve	

Tab. 5. 3 Tabulka analogových vstupů

### 5.1.2. Zvolený HW

V programu TIA Selection Tool od firmy Siemens se vyskládal hardware, který se následně vyexportoval do Excelu a takto připravená tabulka se využila pro objednávku hardware.

Order number	Name	Number (configured)	Packaging unit	Number of packages
6ES7390-1AE80-0AA0	DIN rail 480 mm	1 (1)	1	1
6ES7312-1AE14-0AB0	CPU 312	1 (1)	1	1
6ES7953-8LG30-0AA0	Micro Memory Card 128 KB	1 (1)	1	1
6ES7307-1EA01-0AA0	Load current supply PS 307; AC 120/230V, DC 24V, 5A	1 (1)	1	1
6ES7331-1KF02-0AB0	Analog input 8AI; 13-bit; 66 ms; isolated	1 (1)	1	1
6ES7323-1BL00-0AA0	Digital I/O 16DI, 16DO, 24V DC; 0.5A	1 (1)	1	1
6ES7392-1AM00-0AA0	Front connector, 40-pin, with screw contacts	2 (2)	1	2
6AV6647-0AA11-3AX0	KTP400 Basic mono PN	1 (1)	1	1

Tab. 5.4 Seznam HW vytvořeného v programu TIA Selection Tool

Výhodou tvorby hardwaru v TIA Selection Tool byla i ta, že byla nejenom vytvořená tabulka k poslání pro objednání, ale také takto vytvořenou hardwarovou konfiguraci lze následně využít v programu TIA Portal V13 v němž se programovalo PLC.

Tímto způsobem se ušetřila práce a nemuselo se již pracně vkládat a vytvářet hardwarová konfigurace. Krom této výhody je ještě dobré využívat program TIA Selection Tool k tomu, že si programátor navolí, zda se bude jednat o tzv. standardní moduly nebo safety moduly. Dále pak je zde možnost nastavení rozsahu teplot, ve kterých se bude hardware nacházet a další jiné možnosti, které nabízí software TIA Selection Tool. Program TIA Selection Tool za nás automaticky vkládá i ostatní komponenty při sestavování hardwarové konfigurace, které jsou potřeba pro chod hardware, jako jsou např. front connectory a jiné. Tímto se uživatel programu TIA Selection Tool nemusí obávat toho, že by některou z komponent při zadávání a objednávání hardware pozapomněl objednat. Tohle vše za něj řeší TIA Selection Tool.

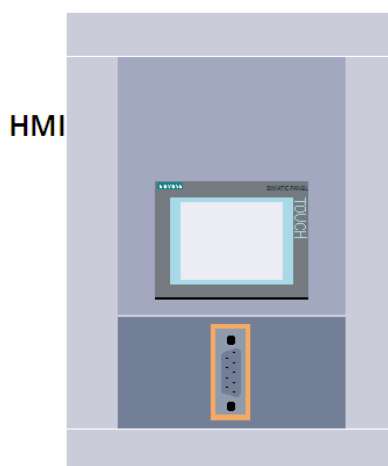
#### 5.1.2.1. HW konfigurace vytvořená v TIA Portal V13

Sestava PLC:

Na Obr. 5.1 je hardwarová konfigurace použité sestavy. Práce v prostředí TIA Portal se provádí systémem tzv. Drag and Drop a tím je vše rychlé a bezchybné, protože se o vše ostatní postará TIA Portal.



Obr. 5.1 HW konfigurace vytvořená v TIA Portal V13



Obr. 5.2 HMI vložený do projektu v TIA Portal V13

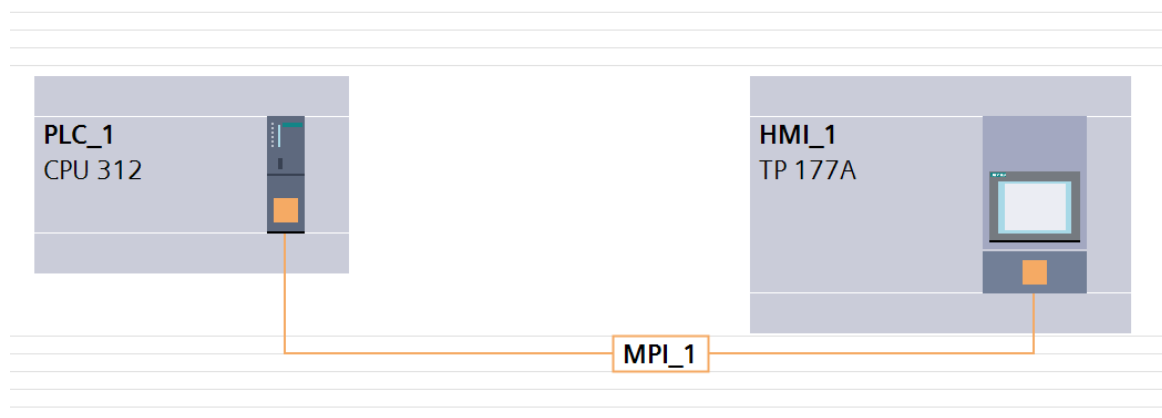
Protože zvolené CPU má jen MPI interface k dispozici, tak se připojil operátorský panel (HMI) k PLC pomocí komunikační sběrnice MPI.

Multi Point Interface (MPI) je sběrnice vystavěná na základě definice RS485 s využitím především v průmyslové automatizaci a vychází ze sítě Profibus. Jako vodič, který byl na toto spojení použit, byl kabel od firmy Siemens tzv. profibus s konektory od téhož výrobce se zapnutými zakončovacími odpory s tím, že konektor připojený k CPU je s možností připojení PG, tzv. průchozí konektor.



Tím se zajistila a zabezpečila možnost připojení programovacího zařízení PG či notebooku (např. z důvodu diagnostiky, servisních zásahu a jiných důvodů) s patřičným SW a HW k PLC bez nutnosti přerušení komunikace mezi PLC a HMI.

#### 5.1.2.2. Vytvořená komunikace mezi PLC a HMI v programu TIA Portal V13



Obr. 5.3 Vytvořená komunikace mezi PLC a HMI

V prostředí TIA Portal se komunikační spojení provede velice jednoduše a lehce a to tak, kdy tzv. Drag and Dropem přetáhneme komunikaci z jednoho místa bodu k druhému. O vše ostatní se postará samotný TIA Portal. Tímto způsobem je komunikace vytvořená.

Fotka nainstalovaného PLC při vykonávání programu:



Obr. 5.4 Fotka nainstalovaného PLC

### 5.1.3. Tvorba programu

Po společných domluvách a konečném schválení řídicího předpisu technologie regeneračního kotle a operátory se začalo s vytvářením programu pro PLC a HMI na platformě TIA Portal V13 s tím, že pro vizualizaci byla převážná volnost a její podoba záležela hlavně na samotném uvážení programátora. Domluva byla taková, že musí být přehledná a jednoduše ovladatelná. Protože zadání pro vytvoření vizualizace nebylo dáno, tak se po společných konzultacích s technologi, operátory a dodavatelem vodního omývače vytvořila vizualizace, která byla postupně upravována do podoby, která už neměla připomínky a byla tedy označena za konečnou verzi vizualizace. Níže je popsána její konečná podoba, které předcházelo několik úprav a změn.

#### 5.1.3.1 Vizualizace (HMI)

##### Popis řízení vodního omývače regeneračního kotle RK1

Ovládat omývač je možno buďto z DNA DAMATIC a to spustit a zastavit ručně, dále spustit automaticky – v sekvenci v rámci čištění celého RK 1 nebo z rozvaděče 22.02+(E) RV6 pomocí operátorského panelu s dotykovou obrazovkou.

Z DNA je možno startovat omývač pouze v režimu **Remote**, (který lze nastavit jen z DNA) a to pokud DNA neobdržel signál **Porucha** a je přítomen signál **Omývač připraven** z řídicího systému PLC.

**Další popis se týká místního ovládání z operátorského panelu.**

##### Přihlašovací úrovně:

0 - bez přihlášení:	Procházení všech displejů bez možnosti změn parametrů a zásahu vyjma povelů <b>Start</b> a <b>Stop</b>
1 - technolog:	Zadávání všech parametrů, kompletní ovládání, servisní režim
9 - administrátor:	Vše, stop aplikace, systémová nastavení atd.

Kdo je aktuálně přihlášen se zobrazuje v pravém horním rohu obrazovek. Viz také Obr. 5. 7.

##### Startovací podmínky, kroky cyklu a způsob omývání:

**Start** omývání je z OP možno provést jen je-li na DNA navolen režim **Local**, což je zobrazeno na výchozí obrazovce OP (Obr. 5. 6) a na přehledové obrazovce se objeví tlačítko **START** (Obr. 5.3) a není žádná porucha.

Dále je pro start nutné splnit:

**podmínky pro výchozí stav – připravenost zařízení:**

- servisní režim není navolen
- tlak v čerpací stanici PI-880 není  $< L$  (low)
- tryska je ve výchozí poloze: - poloha ZI-883 = 0
- koncový spínač klid. pol. ZS-868 rozepnut
- koncový spínač max. pol. ZS-869 sepnut
- ostřikový ventil HS-870 zavřen
- zavodňovací ventil HS-871 zavřen
- odvodňovací ventil HS-872 otevřen

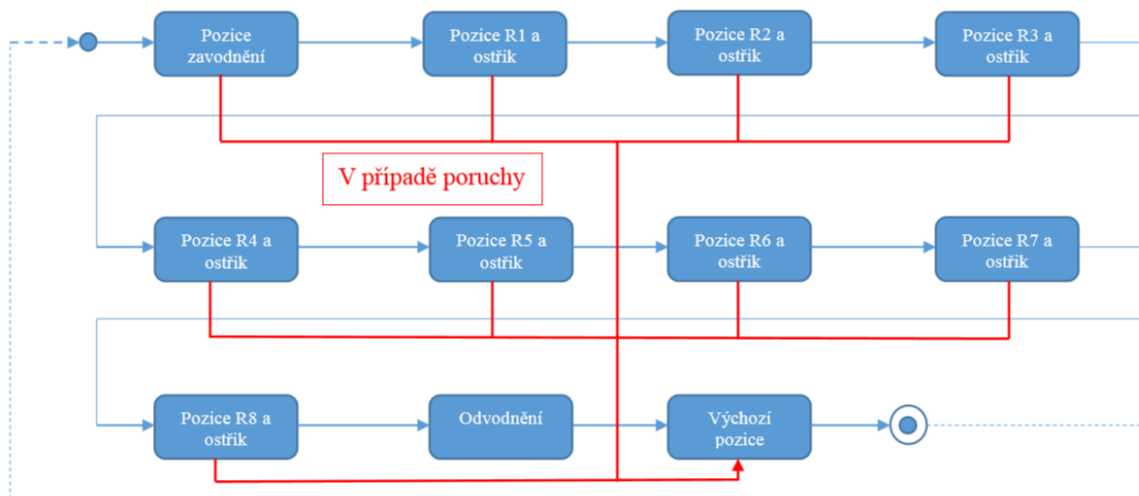
Toto je signalizováno v levém horním rohu obrazovek nápisem **Výchozí stav**. Není-li omývač ve výchozím stavu je nutno jej nastavit ručně v servisním režimu.

**Stop** omývače je možno provést za chodu kdykoli a to jak z DNA tak z OP. Pro tento příkaz z OP není nutný režim **Local**. Na příkaz **Stop** omývač reaguje stejně jako na kritickou poruchu – přeruší omývání, okamžitě se provede vysunování, odvodnění a návrat do výchozího stavu.

**Cyklus** omývání je rozdělen do deseti kroků:

- Krok 0:
- zapnutí rotace trysky - motor M2 MB-225
  - zavření odvodňovacího ventilu HS-872
  - zasunutí trysky do polohy zavodnění
  - zavodnění - otevření zavodňovacího ventilu HS-871
  - dosažení tlaku na ventilu omývače PI-881  $> L$
  - dosažení průtoku vody FI-882  $> L$
- Krok 1:
- zasunutí trysky do ostřikové roviny R1
  - ostřik po dobu T1 - otevření ostřikového ventilu HS-870
- Krok 2:
- zasunutí trysky do ostřikové roviny R2
  - ostřik po dobu T2 - zavření ostřikového ventilu HS-870

- Krok 3:       - zasunutí trysky do ostřikové roviny R3  
              - ostřík po dobu T3 - otevření ostřikového ventilu HS-870
- Krok 4:       - zasunutí trysky do ostřikové roviny R4  
              - ostřík po dobu T4 - zavření ostřikového ventilu HS-870
- Krok 5:       - zasunutí trysky do ostřikové roviny R5  
              - ostřík po dobu T5 - otevření ostřikového ventilu HS-870
- Krok 6:       - zasunutí trysky do ostřikové roviny R6  
              - ostřík po dobu T6 - zavření ostřikového ventilu HS-870
- Krok 7:       - zasunutí trysky do ostřikové roviny R7  
              - ostřík po dobu T7 - otevření ostřikového ventilu HS-870
- Krok 8:       - zasunutí trysky do ostřikové roviny R8  
              - ostřík po dobu T8 - zavření ostřikového ventilu HS-870
- Krok 9:       - návrat (vysunutí) trysky do polohy odvodnění  
              - odvodnění po dobu T9 - zavření zavodňovacího ventilu HS-871  
              - otevření odvodňovacího ventilu HS-872
- Krok 10:      - po ukončení odvodnění návrat (vysunutí) trysky do výchozí polohy  
              - koncový spínač klidové polohy ZS-868 rozepnut  
              - poloha ZI-883 = 0



Obr. 5.5 STD diagram zobrazující cyklus vodního omývače

Číslo aktuálního kroku je zobrazeno v levém horním rohu obrazovek.

Při zasunutí trysky za pozici zavodnění je nepřetržitě hlídáno (a po poruše obnoveno) zavodnění a tím zajištěno chlazení.

**Způsob omývání** (nechceme-li uzavírat ostříkový ventil mezi svazky trub) je možno navolit z úrovně přihlášení **1 technolog**: Na přehledové obrazovce (Obr. 5. 8) stiskneme tlačítko servis a tím se dostaneme na obrazovku voleb režimů (Obr. 5. 15), kde toto můžeme navolit (Obr. 5. 15, pozice 2).

### **Poruchy, alarmy:**

Poruchy motorů (motor axiálního pohybu trysky M1 (MB-224); motor rotačního pohybu M2 (MB-225)) jsou zobrazeny na přehledové obrazovce:

- MCC (indikuje při výpadku jističe, pojistek anebo při vypnutí hlavním vypínači)
- nadproud (indikuje při výpadku tepelné ochrany)

Poruchy ventilů (ostříkový Y10 HS-870, zavodňovací Y11 HS-871, odvodňovací Y12 HS-872) jsou zobrazeny spolu s dalšími alarmy pouze na alarmovém displeji.

Pohyb při zasouvání/vysouvání trysky je hlídán derivací vzdálenosti (jde o kritickou poruchu).

Při obnovení napájení 230VAC nebo 690VAC je zajištěno řízené vyjetí vodního omývače z Regeneračního kotle 1 do výchozího pozice.

Poruchy motorů a ventilů, které již pominuly je potřeba kvitovat tlačítkem **kvitace poruchy** na přehledové obrazovce.

Při vzniku kritické poruchy se omývání zastaví, tryska se vysune z kotle do polohy odvodnění a po odvodnění do výchozí pozice (dle kroků 9 a 10) a vyhlásí se porucha případně další alarmy.

Na DNA DAMATIC je zobrazován pouze signál sumární porucha.

Všechny alarmy jsou zobrazeny na alarmovém displeji OP. Dostaneme se na něj z výchozí nebo přehledové obrazovky stiskem tlačítka **Alarmy**. Kvitaci, popřípadě smazání pominulých alarmů provedeme tlačítkem „!“ alarmového displeje (Obr. 5. 14).

#### Zadávání parametrů:

Při pokusu o jakoukoli změnu parametrů budeme vyzváni OP automaticky o přihlášení do úrovně **1 technolog** (pokud se tak neučinilo již dříve).

**Motory:** Z přehledové obrazovky se tlačítkem **Motory** (Obr. 5. 8, poz.10) dostaneme na obrazovku (Obr. 5. 9), kde je možné vidět pro M1 a M2 aktuálně odebíraný proud a nastavené limity případně změnit.

**Ostříky:** Z přehledové obrazovky se tlačítkem **Ostříky** (Obr. 5. 8, poz. 9) dostaneme na obrazovku (Obr. 5. 10), kde pomocí tlačítek provedeme skok na:

- **Zadávání parametrů ostříkových rovin** (Obr. 5. 11)
- **Zadávání časů ostříků** (Obr. 5. 12)
- **Zadávání parametrů pro tlaky a průtok** (Obr. 5. 13)

#### Servisní režim:

V servisním režimu můžeme manuálně ovládat jednotlivé motory a ventily.

#### Podmínky pro přepnutí do servisního režimu:

- z DNA je navolen režim **Local**
- omývač se nenachází v žádném kroku cyklu

#### Přepnutí do servisního režimu:

Na přehledové obrazovce tlačítkem **Servis** (Obr. 5. 8, poz. 8) se dostaneme na stránku Servis, kde použijeme tlačítko **Servisní režim ZAPNOUT** (Obr. 5. 15, pol. 1).

O tom, zda je servisní režim skutečně navolen nás informuje nápis pod tímto tlačítkem (Obr. 5. 16).

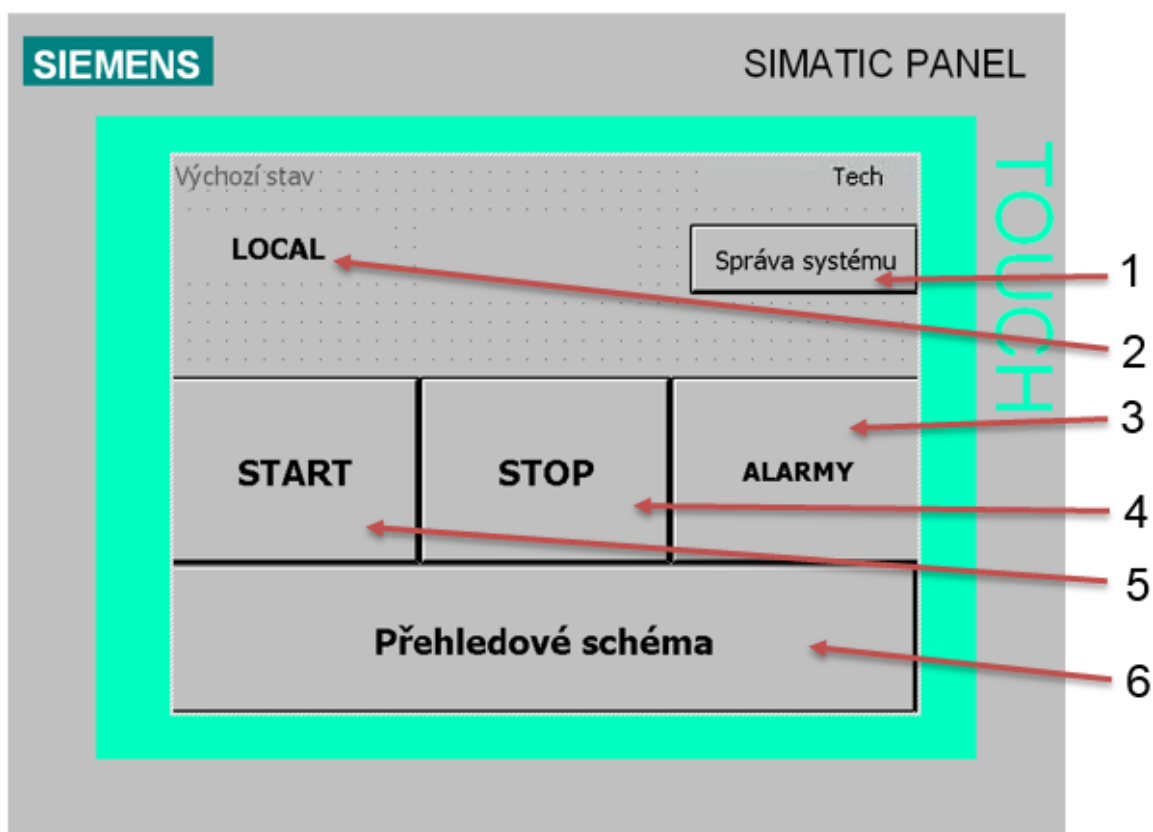
V servisním režimu se také na tomto displeji zobrazí další dvě tlačítka:

- Servisní nastavení poloh trysky
- Servisní nastavení motorů a ventilů

Servisní nastavení poloh trysky - po stisknutí tlačítka se dostaneme na obrazovku, kde můžeme ovládat pohyb trysky – viz. popis k Obr. 5. 8.

Servisní nastavení motorů a ventilů - po stisknutí tlačítka se dostaneme na obrazovku, kde můžeme ovládat jednotlivé ventily (HS-870 Y10, HS-871 Y11, HS-872 Y12) a motor rotačního pohybu M2 MB225 – viz. popis k Obr. 5. 17.

Na následujících stránkách jsou vyobrazeny a popsány jednotlivé obrazovky z vizualizace. Obrazovky byly snímány ze softwaru TIA Portal V13.



Obr. 5. 6 Úvodní obrazovka

1 – Přesun na obrazovku správa systému viz Obr. 5. 7.

2 – Indikace místa odkud lze omývač ovládat: LOCAL – z rozvaděče u omývače  
REMOTE – z DNA

Ovládání z DNA má vyšší prioritu (přepíná se z DNA), avšak tlačítkem STOP (4) lze omývání ukončit vždy.

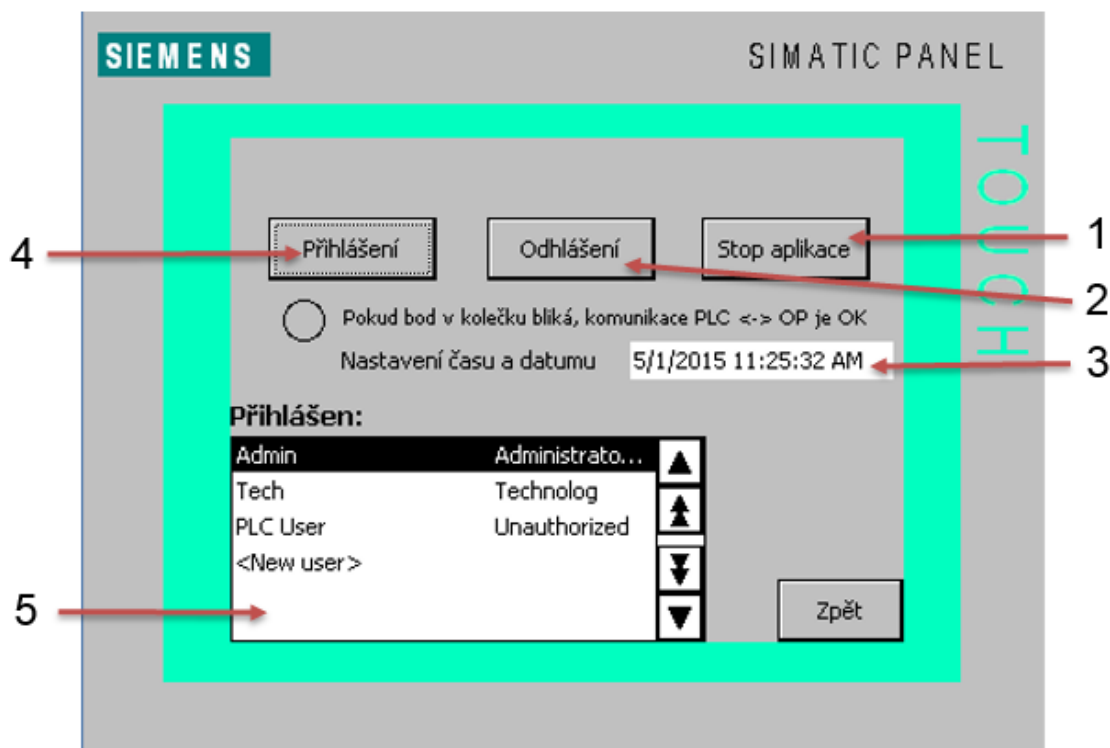
3 – Přesun na obrazovku Alarmů (Obr. 5. 14)

4 – STOP tlačítko, ukončuje sekvenci omývání

5 – START tlačítko, startuje sekvenci omývání v režimu LOCAL

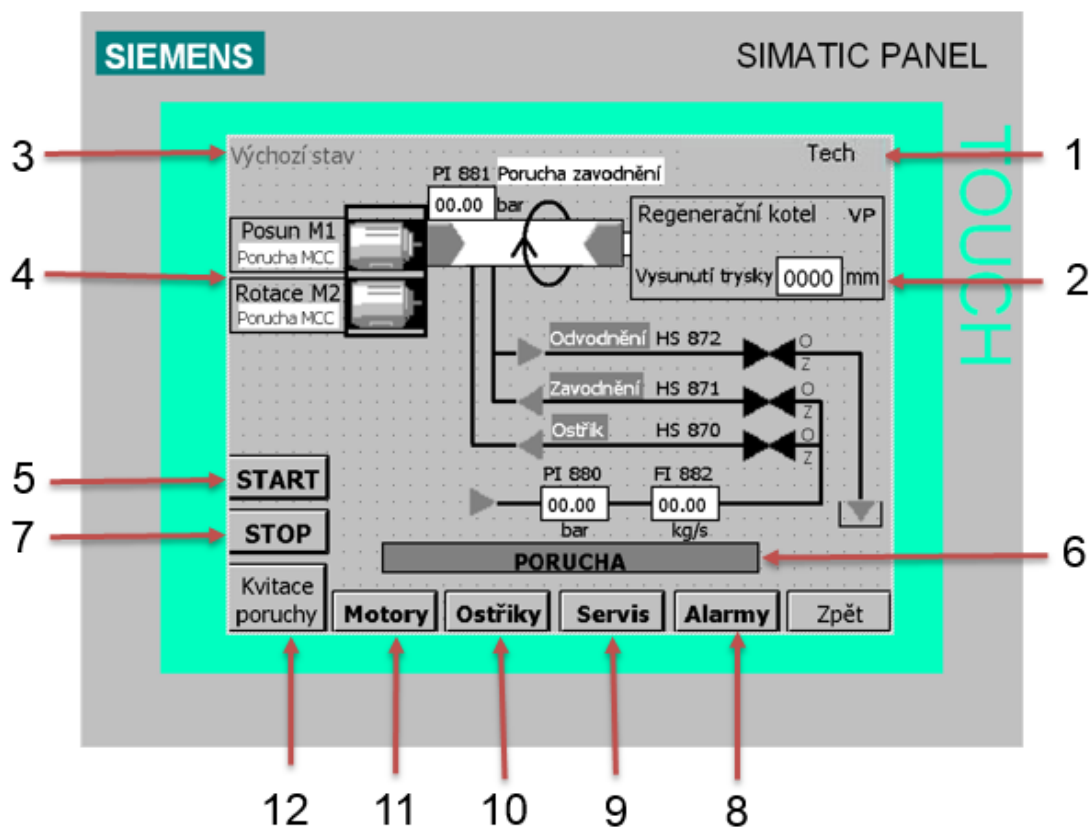
6 – Přechod na přehledovou obrazovku (Obr. 5. 8)





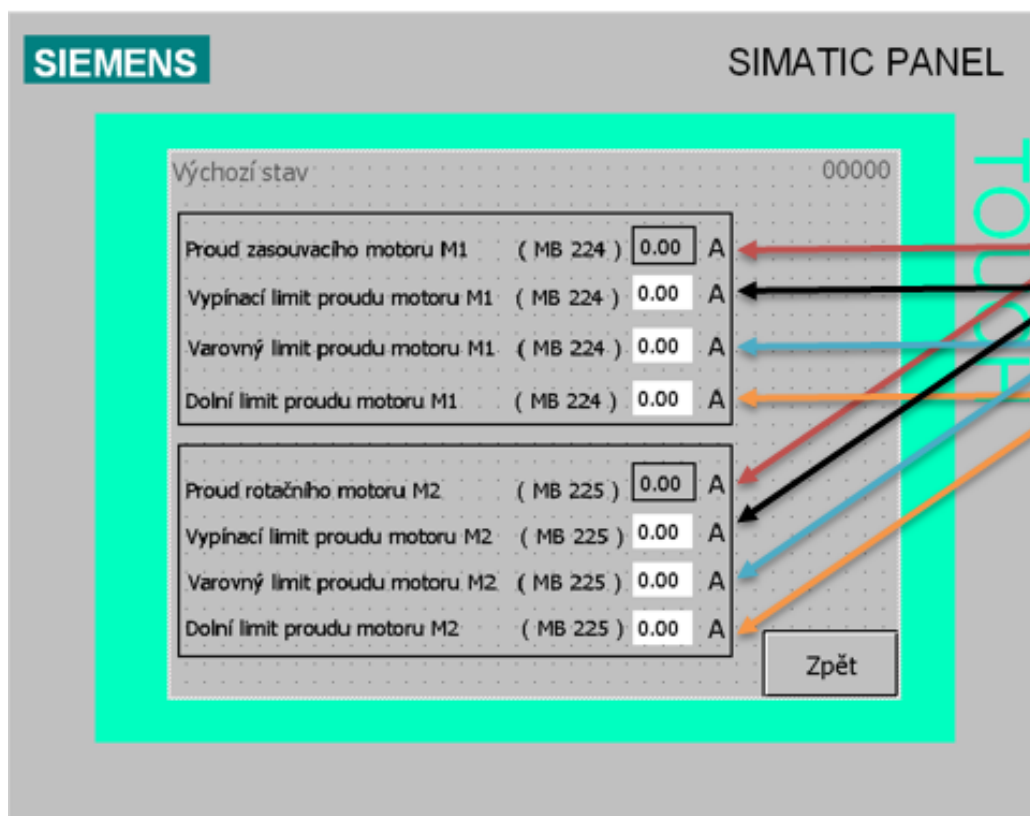
Obr. 5. 7 Přihlašovací obrazovka

- 1 – Zastavení aplikace ( jen pro administrátora – je chráněno administrátorským heslem)
- 2 – Odhlášení přihlášeného uživatele (automaticky se děje i po 5-ti minutách nečinnosti)
- 3 – Nastavovací pole pro zadávání času a data
- 4 – Přihlašovací tlačítko (není nutno používat, veškerý pokus o nastavení hodnoty chráněné heslem, sám vyvolá přihlašovací dialog)
- 5 – Přehledové okno přihlášených uživatelů



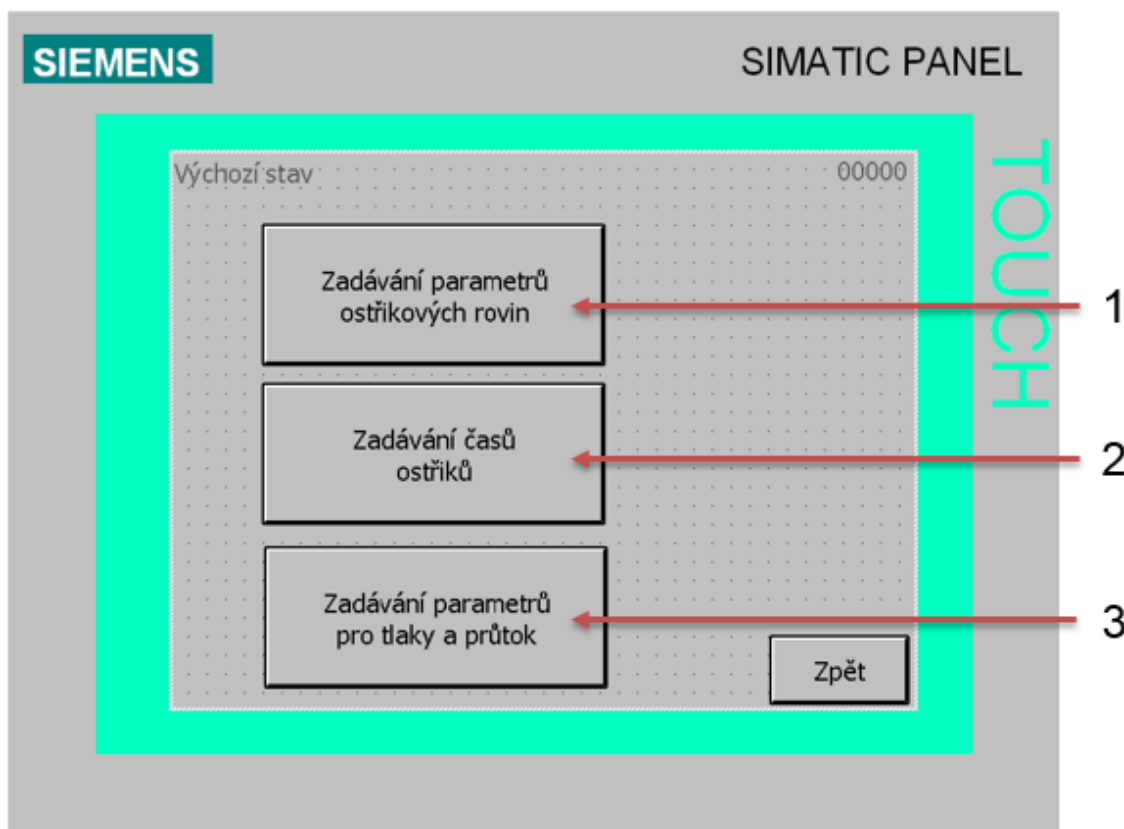
Obr. 5. 8 Přehledové schéma

- 1 - Přihlášený uživatel
- 2 - Indikace hloubky zasunutí trysky do kotle
- 3 - Indikace dojetí trysky do ostřikové roviny (R1-R8, PD = Poloha Drain /odvodnění/  
VP = Výchozí Poloha )
- 4 - Indikace poruchy motoru (porucha od nadproudu, MCC). Tyto poruchy se musí pro další činnost ostřikovače kvitovat tlačítkem 11
- 5 - START tlačítko, startuje sekvenci omývání v režimu LOCAL
- 6 - Indikace poruchy (specifikace poruchy na Alarmovém displeji). Tyto poruchy se musí pro další činnost ostřikovače kvitovat tlačítkem 12
- 7 - STOP tlačítko, ukončuje sekvenci omývání
- 8 - Přejít na stránku Alarmů (Obr. 5. 14)
- 9 - Přejít na stránku Servis (Obr. 5. 15)
- 10 - Přejít na stránku Ostřiky (Obr. 5. 10)
- 11 - Přejít na stránku Motory (Obr. 5. 9)
- 12 - Kvitace poruchy motorů



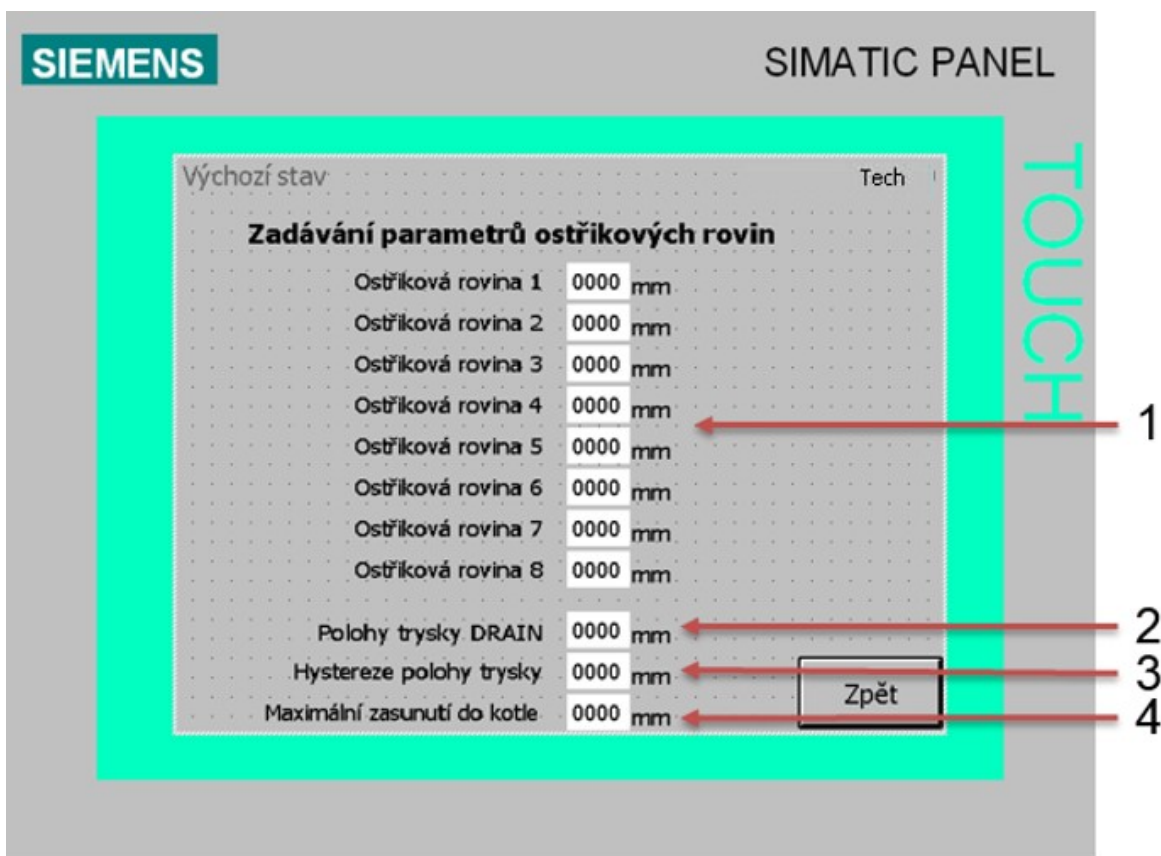
Obr. 5. 9 Indikace a nastavení limitů proudů motorů

- 1 – Indikace okamžitého proudového odběru motoru
- 2 – Nastavení Vypínacího proudu motoru (ochrana proti spálení motoru – při překročení této hodnoty je okamžitě omývač uveden do výchozí polohy)
- 3 – Nastavení Varovného limitu proudu motoru (ochrana proti přetěžování - překročení této hodnoty je alarmováno)
- 4 – Nastavení dolního limitu proudu motoru (při podkročení této hodnoty je okamžitě omývač uveden do výchozí polohy)



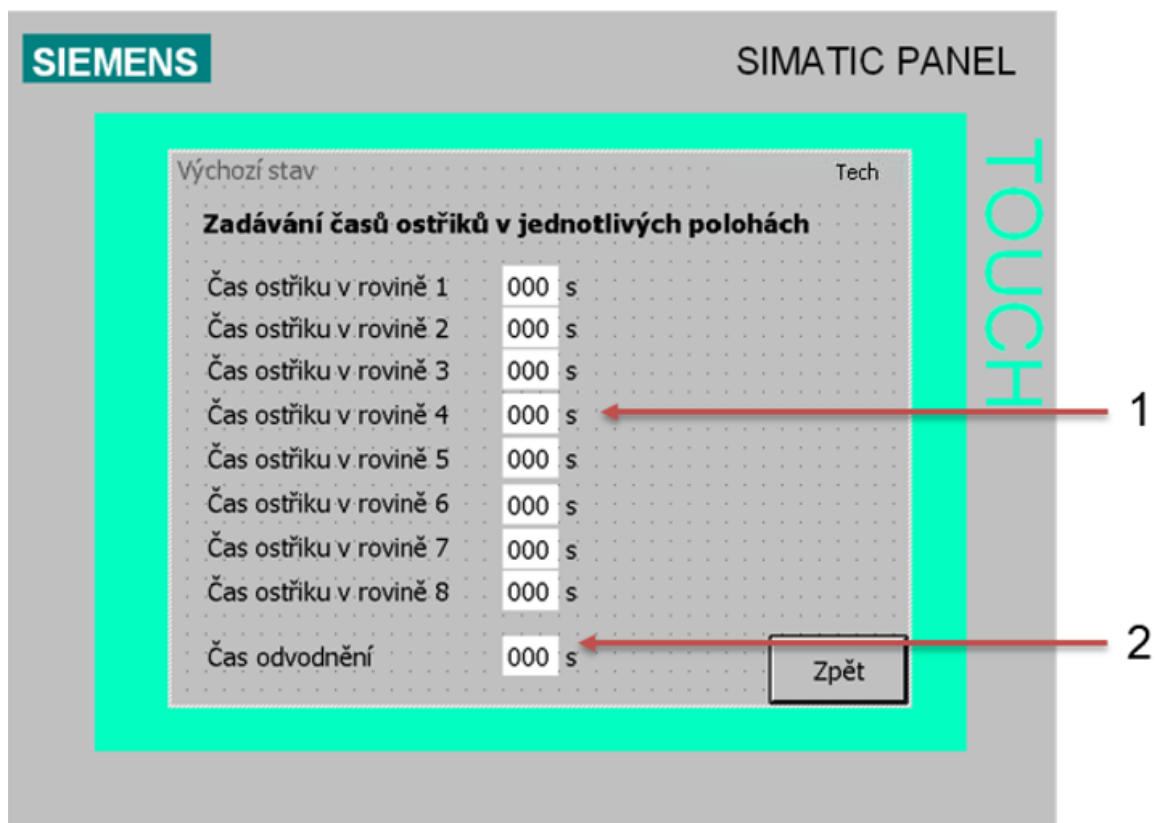
Obr. 5. 10 Volba výběru pro zadávání parametrů

- 1 – Přejít na stránku Zadávání parametrů ostřikovaných rovin (Obr. 5. 11)
- 2 – Přejít na stránku Zadávání časů ostřiků (Obr. 5. 12)
- 3 – Přejít na stránku Zadávání parametrů pro tlaky a průtok (Obr. 5. 13)



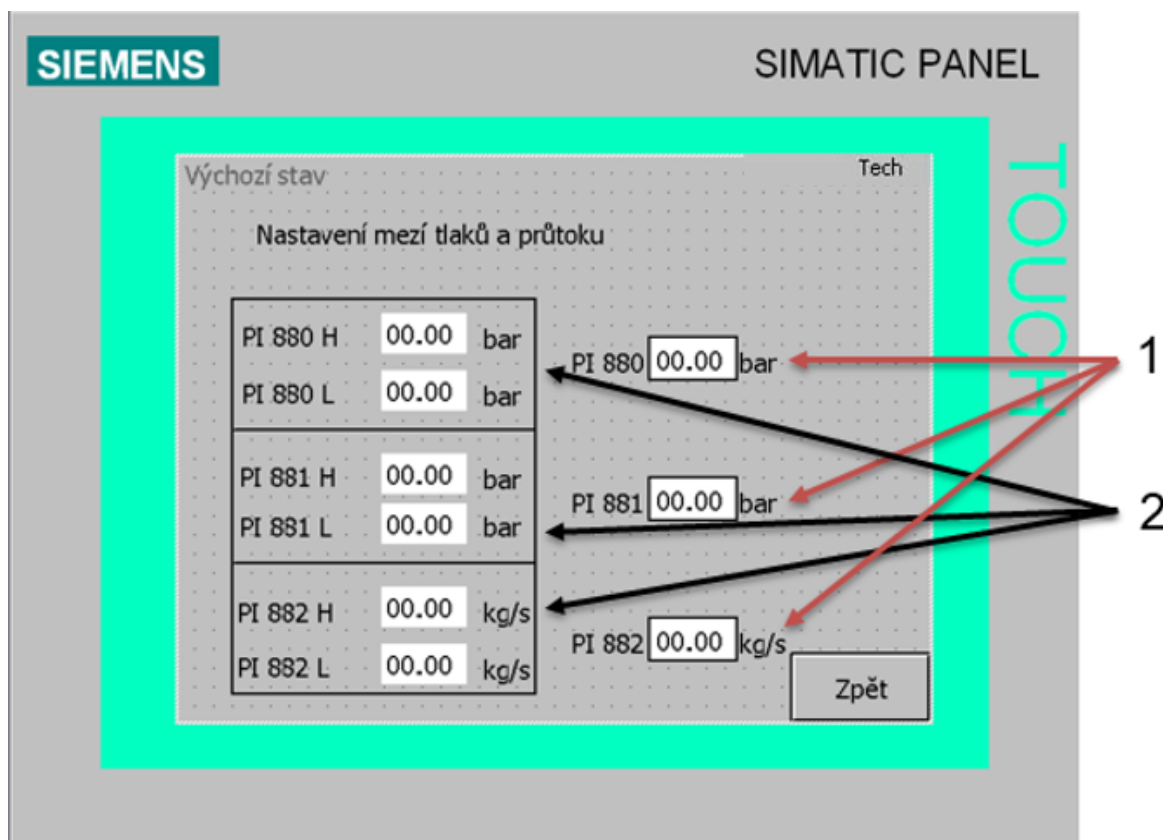
Obr. 5. 11 Zadávání vzdáleností ostříkových rovin od výchozí polohy

- 1 – Zadávací pole pro jednotlivé ostříkované roviny
- 2 – Zadávací pole pro odvodňovací (zavodňovací) polohu trysky
- 3 – Zadávací pole pro hysterezi dojíždění trysky do ostříkované roviny
- 4 – Zadávací pole pro nastavení maximálního zasunutí trysky do kotle (plní bezpečnostní funkci, do této roviny by se tryska při normálním chodu neměla dostat)



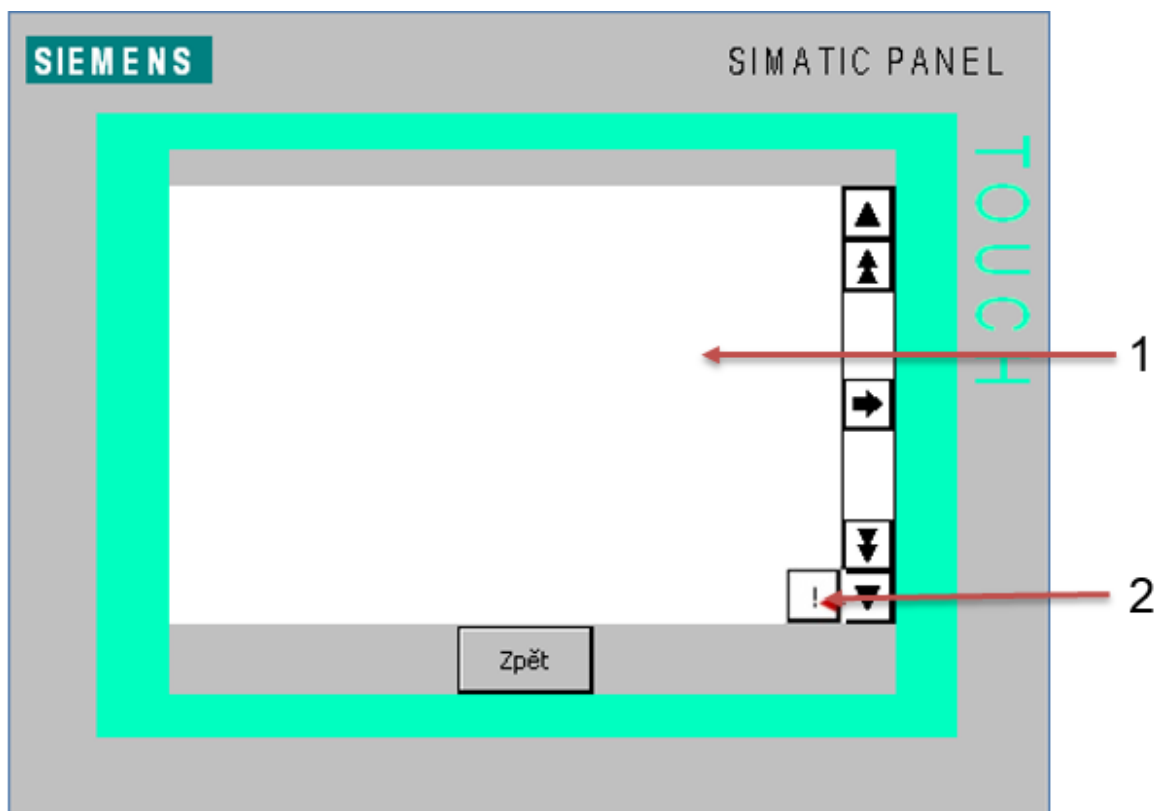
Obr. 5. 12 Zadávání časů pro ostřik v ostřikových rovinách

- 1 – Zadávací pole pro dobu ostřikování v jednotlivých rovinách
- 2 – Zadávací pole pro dobu odvodnění (tryska v poloze DRAIN)



Obr. 5. 13 Nastavení mezí tlaků a průtoku

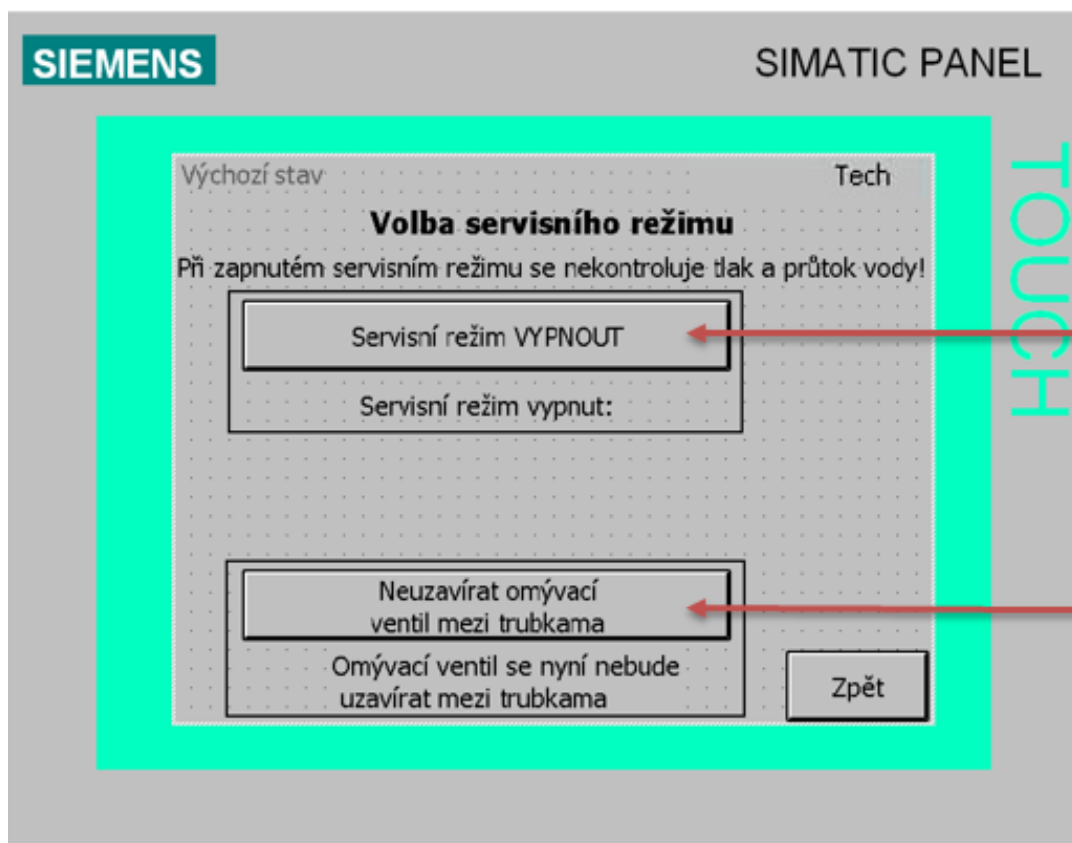
- 1 – Indikace okamžitých hodnot tlaků a průtoku
- 2 – Zadávací pole pro limitní meze, ve kterých se tlaky a průtok mohou pohybovat.  
Pře/podkročení těchto hodnot je alarmováno a způsobí uvedení oštrikovače do výchozí polohy



Obr. 5. 14 Alarmová obrazovka (výpis alarmů)

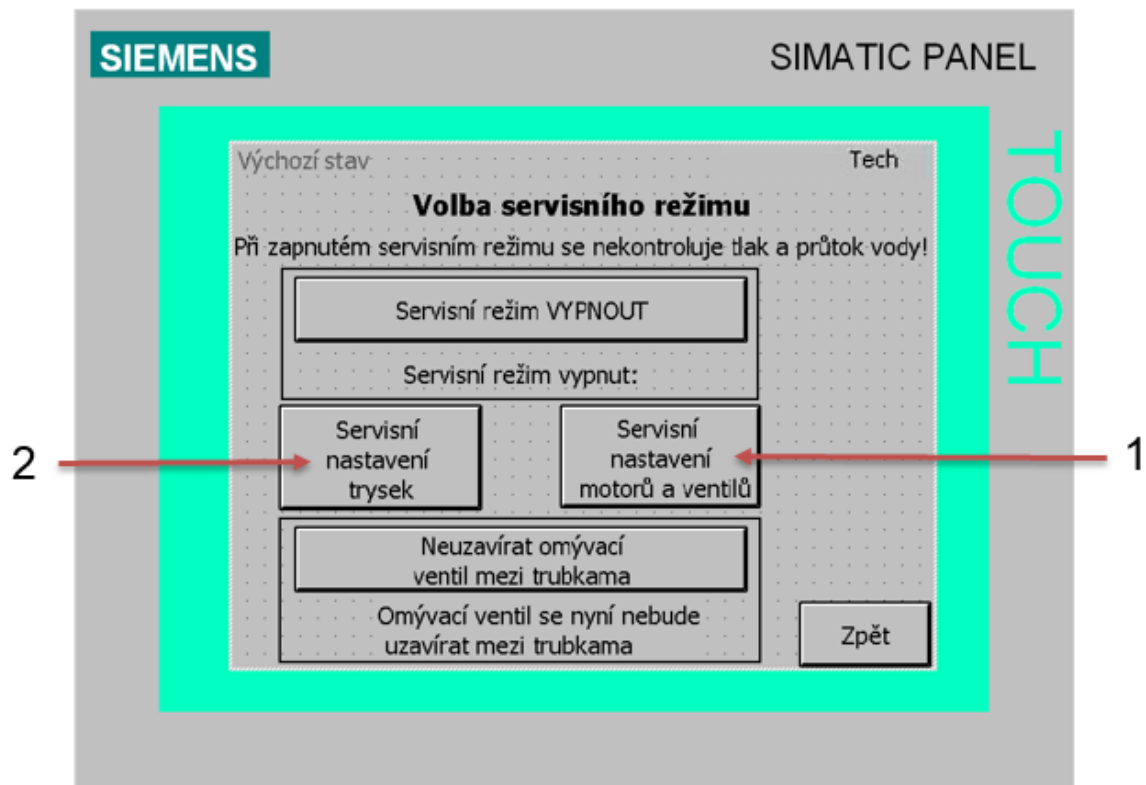
- 1 - Výpis alarmů (pokud i po potvrzení tlačítkem 2 je alarm stále ve výpisu, znamená to, že stále trvá)
- 2 – Potvrzovací tlačítko alarmů





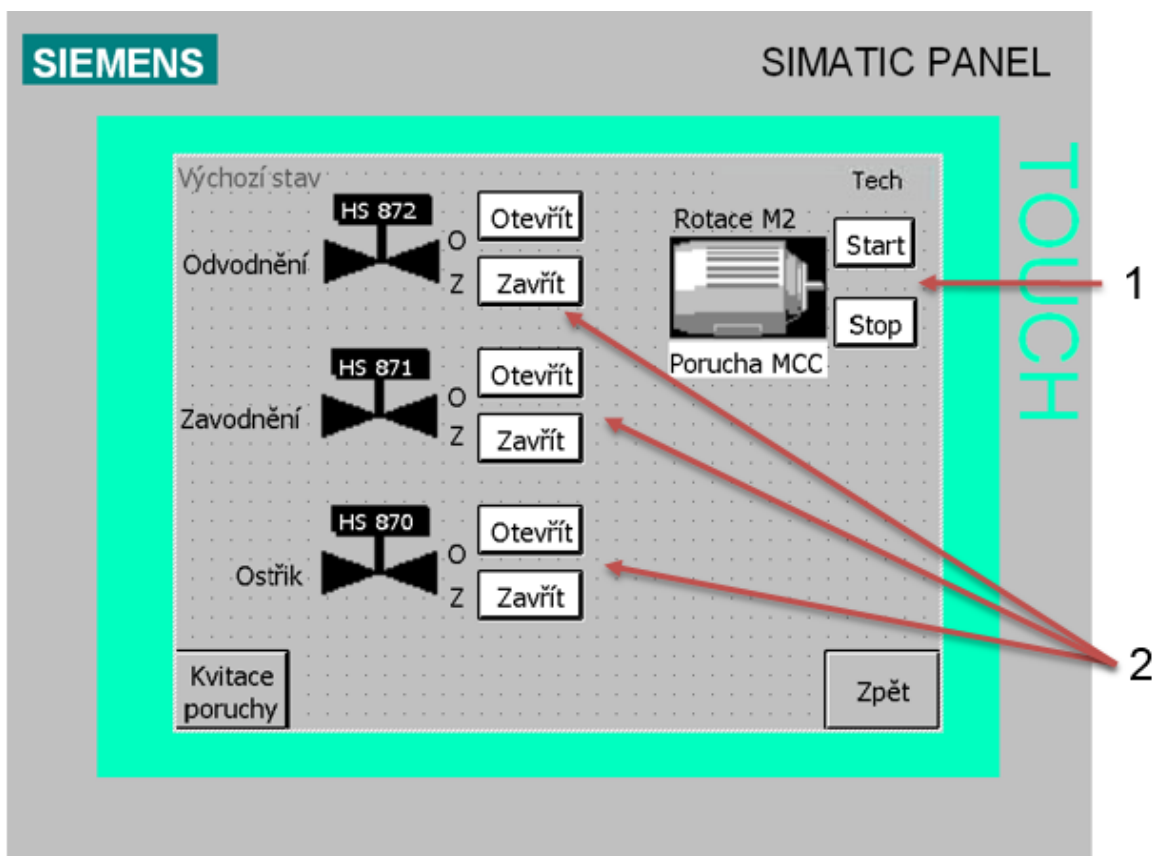
Obr. 5. 15 Volba servisního režimu a uzavření omývacího ventilu mezi svazky trub

- 1 – Tlačítko pro přepnutí do servisního režimu (lze přepnout, pouze pokud je vodní omývač v Local a ve výchozí poloze). Pokud je přepnuto na servisní režim, zobrazí se další tlačítka, viz Obr. 5. 16)
- 2 – Tlačítko pro volbu zda se bude nebo nebude ostříkovat i mezi jednotlivými svazky trub



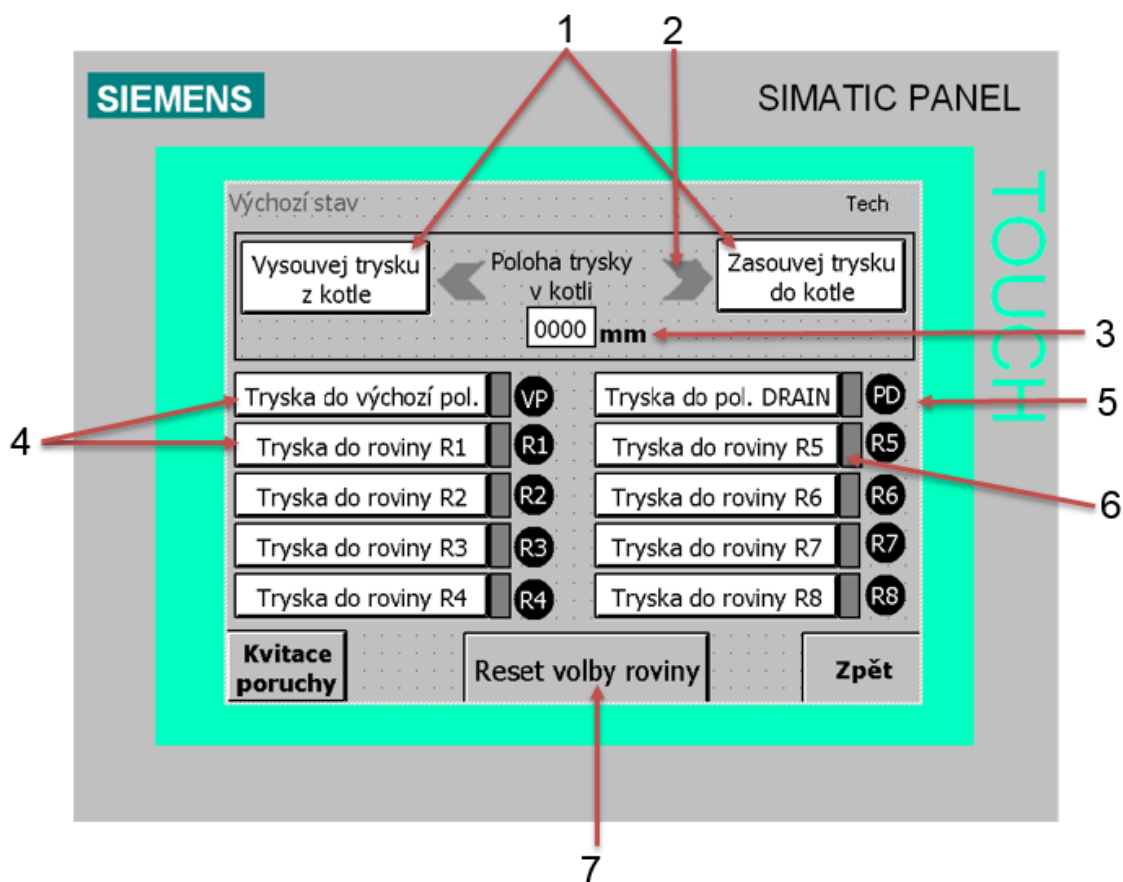
Obr. 5. 16 Volba servisní nastavení trysky nebo servisní nastavení motorů a ventilů

- 1 – Tlačítko pro přechod na obrazovku servisního nastavení motorů a ventilů (Obr. 5. 17)
- 2 – Tlačítko pro přechod na obrazovku servisního nastavení poloh trysky (Obr. 5. 18)



Obr. 5. 17 Ruční ovládání ventilů a motoru rotace

- 1 – Tlačítka pro spuštění a zastavení rotačního motoru
- 2 – Tlačítka pro ovládání jednotlivých ventilů (vyplněný ventil a písmeno **O** znamená otevřený ventil, nevyplněný ventil a písmeno **Z** znamená zavřený ventil)



Obr. 5. 18 Ruční volba nastavení roviny trysky a možnost ručního posunu trysky

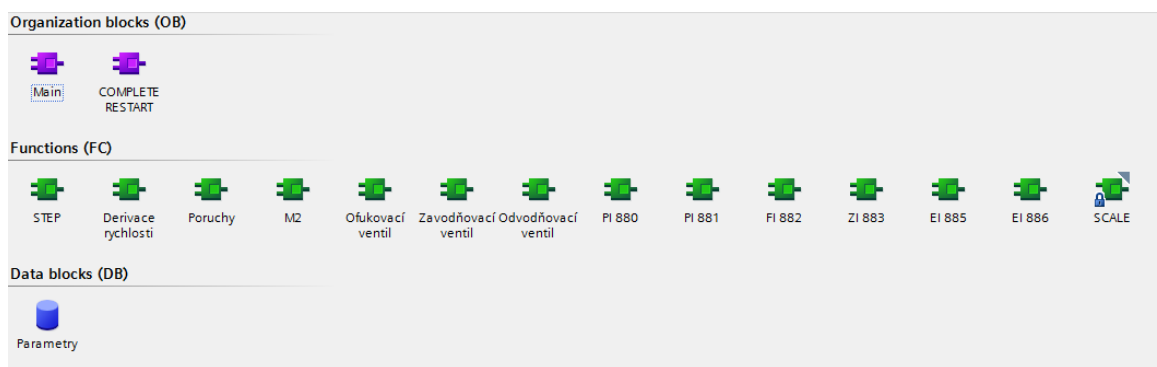
- 1- Tlačítka pro zasouvání/vysouvání trysky do/z kotle (tryska se posouvá jen pokud je tlačítko drženo)
- 2- Indikátor směru a běhu za/vysouvacího motoru (axiální posun)
- 3- Aktuální stav zasunutí trysky do kotle
- 4- Tlačítka pro volbu posuvu trysky do jednotlivých rovin (po stisku jede tryska do navolené roviny (indikátor 6) sama, tlačítko není třeba držet)
- 5- Indikace dojetí do dané roviny
- 6- Indikátor navolené roviny, do které má tryska dojet
- 7- Pokud omylem navolíme více rovin než jednu, tlačítkem 7 musíme tuto volbu zrušit a navolit jen jednu požadovanou rovinu

## Seznam všech možných alarmů na displeji:

Proud motoru M1 EI885<L	MCC porucha M2 (MB225)
Proud motoru M1 EI885>H	Tlak PI880 v čerp.stanici < L
Proud motoru M1 EI885>HH	Tlak PI880 v čerp.stanici >H
Proud motoru M2 EI886<L	PI 881 nebo FI 882 mimo meze
Proud motoru M2 EI886>H	Nedosažení PI881 nebo FI882 při zavodnění -> STOP
Proud motoru M2 EI886>HH	Tlak PI881 na vent.omývače<L
Průtok vody FI882<L	Tlak PI881 na vent.omývače>H
Průtok vody FI882>H	Porucha ZI 883 nebo ZS869
Omývací vent. HS870 porucha	Porucha ZI 883 nebo ZS868
Zavodňovací vent. HS871 porucha	Porucha ZI 886 nebo ZS869
Odvodňovací vent. HS872 porucha	Poloha trysky ZI883>H
M1 Porucha (MB224)	Maximální zasunutí trysky ZS869
MCC porucha M1 (MB224)	Porucha při obnovení napájení
M2 Porucha (MB225)	Porucha axiálního posunu trysky

### 5.1.3.2. Struktura programu PLC

Jakou podobu bude mít program je vždy na úvaze daného programátora PLC. Po úvahách se vytvořila následující struktura programu:



Obr. 5. 19 Struktura programu PLC

Jak je vidět na Obr. 5. 19, rozhodlo se pro vytvoření řízení v dílčích funkcích (program rozdělený do bloků) a to proto, aby byl program lehce srozumitelný a to i pro programátory/údržbu PLC, kteří program netvořili a budou případně nuceni se podívat na funkce řízení a to až už v případě poruchy či úpravě programu anebo jen z důvodu pochopení bližší funkce programu řízení.

Struktura je následující:

#### Organizační bloky

OB1	hlavní program (vytváří rozhraní mezi operačním systémem a uživatelským programem)
OB100	blok, který se vykonává jen při restartování PLC (nový start systému)

#### Funkční bloky

FC50	řízení celého cyklu vodního omývače, krok po kroku
FC52	derivace rychlosti posunu vodního omývače
FC105	škálování analogové hodnoty (analogová funkce z knihovny funkcí)
FC200	Poruchy
FC225	M2 - řízení motoru rotačního pohybu
FC870	Ofukovací ventil
FC871	Zavodňovací ventil
FC872	Odvodňovací ventil
FC880	PI 880 – tlak v čerpací stanici
FC881	PI 881 – tlak na ventilu ofukovače
FC882	FI 882 – průtok vody
FC883	ZI 883 – poloha trysky
FC885	EI 885 – proud motoru M 1
FC886	EI 886 – proud motoru M 2

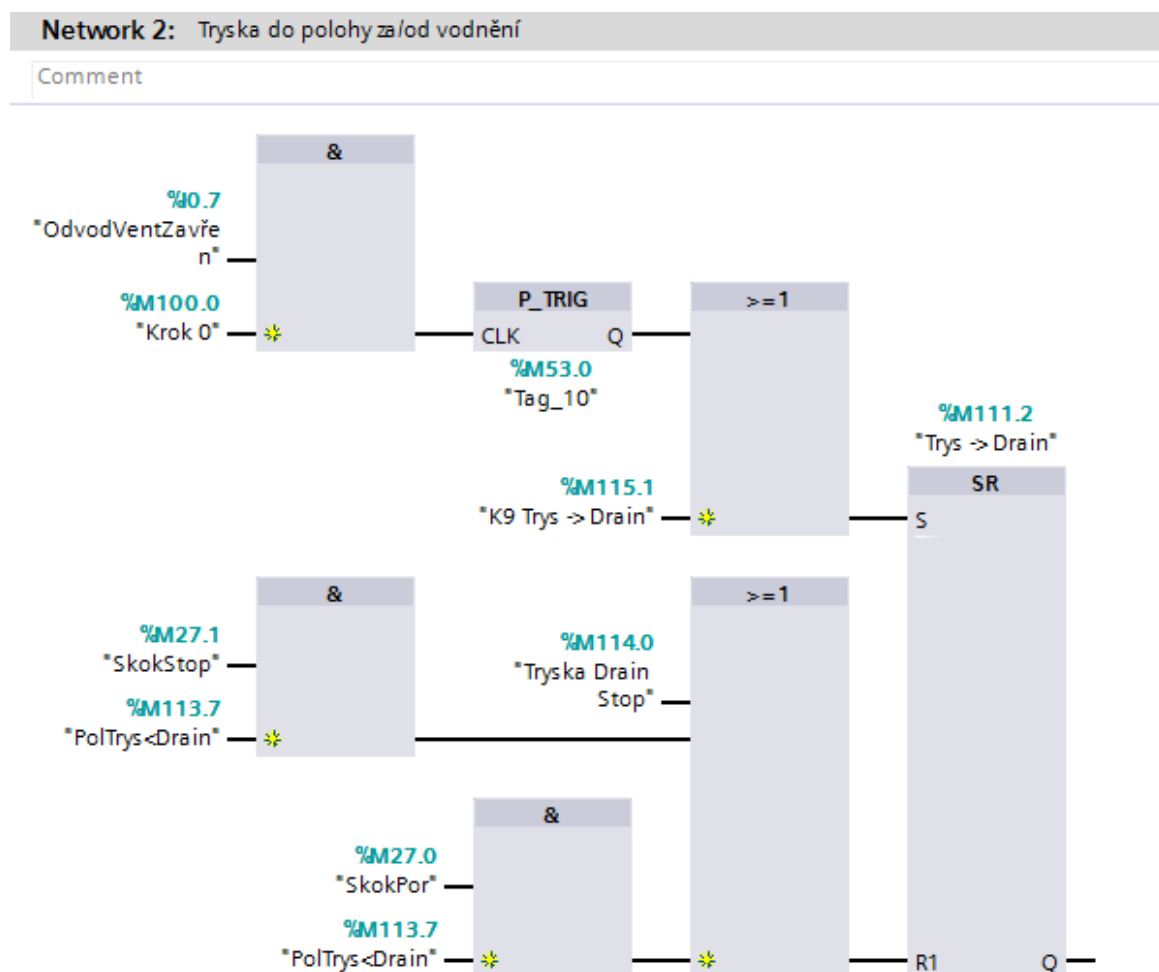
#### Datový blok

DB100	Parametry
-------	-----------

Samotný program je vytvořený na platformě TIA Portal v jazyce FBD, tedy v jazyce, který používá zobrazení pomocí funkčních bloků. Příklad, jak takový jazyk vypadá, je na Obr. 5.20.

Jak je vidět ve struktuře programu je i datový blok, který slouží pro ukládání dat parametrů. K čemu slouží jednotlivé bloky je napsáno vedle bloku.

Přesný popis, jak a co dělají jednotlivé bloky, je možné shlédnout po otevření příloženého programu (program PLC a HMI je v příloze na příloženém CD) v TIA Portale V13 či nově ve verzi TIA Portal V13 SP1 Upd2.



Obr. 5.20 Ukázka programovacího jazyku FBD v TIA Portal V13

### 5.1.3.3. Nadřazený řídicí systém DNA DAMATIC od firmy Metso

Řízení výrobní technologie v podniku Biocel Paskov a.s. je realizováno pomocí systému DNA DAMATIC od finské firmy Metso. Je to systém, který má v podniku několik rozveden se skříněmi DNA DAMATIC, převážně v blízkosti velínu, většinou to je vedlejší místnost velínu. Z těchto skříní jsou signály vedeny na PC, které jsou na velínu, odkud operátor řídí daný výrobní provoz a ví tak o veškerých stavech, které jsou zavedeny v systému řízení.

Jedná se tedy o nadřazený řídicí systém nad všemi dílčími řídicími celky, jako jsou PLC automaty, logické moduly atd.. Vždy musí být z těchto dílčích řídicích systému možno napojení na DNA DAMATIC a umožněno tak řízení z tohoto finského systému, včetně zobrazení stavů v jakém se dané zařízení nachází. Takovým způsobem se to muselo provést i pro řízení vodního omývače regeneračního kotle a tím dát možnost ovládat vodní omývač z PC na velínu.

DNA DAMATIC je specifický systém, který není běžným řídicím systémem. V podniku je několik zaměstnanců, kteří se o tento systém starají, udržují ho a se kterými se při tvorbě řízení vodního omývače jednalo a domlouvalo na signálech, které jim byly poskytnuty pro samotné řízení a které pro zobrazování stavů ve kterých se vodní omývač nachází. Vizualizaci na PC velínu, vše kolem programování vizualizace na PC i poskytnutí adres na DNA bylo provedeno ze strany zaměstnanců starajících se o DNA DAMATIC.

Na následujících obrázcích je vidět otevřená (Obr. 5.21) a zavřená (Obr. 5.22) skříň DNA DAMATIC s následným napojením signálu na karty DNA DAMATIC (obr.5.23 a obr.5.24 ).

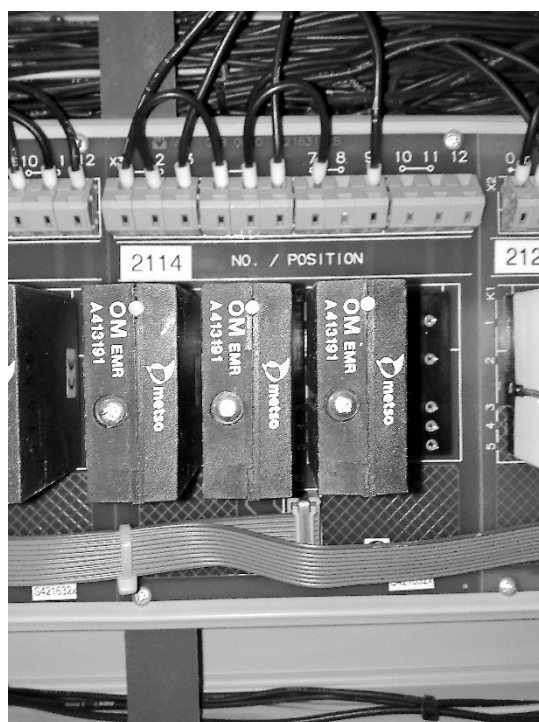


*Obr. 5.21 Otevřená skříň DNA DAMATIC*

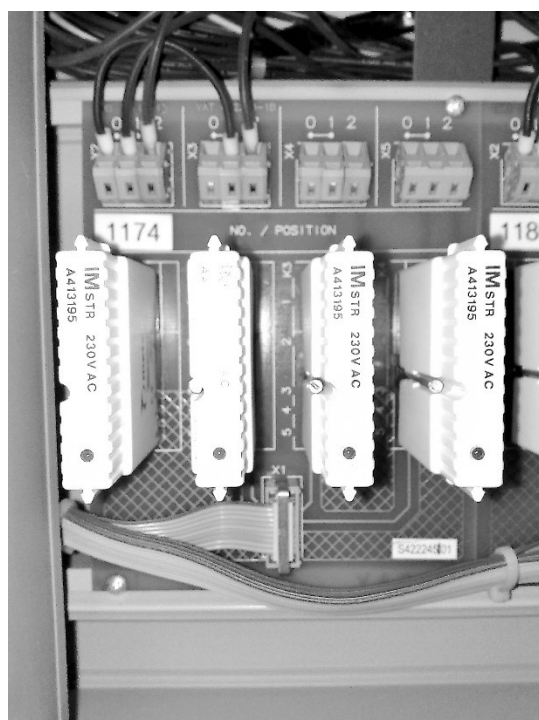


*Obr. 5.22 Zavřená skříň DNA DAMATIC*





*Obr. 5.23 Výstupní relátka DNA DAMATIC*



*Obr. 5.24 Vstupní relátka DNA DAMATIC*

## 6. Testování funkčnosti vodního omývače a uvedení do provozu

Testování SW pro PLC a HMI bylo prováděno při tvorbě programu s pomocí SW od firmy Siemens S7 – PLCSIM V13 s tím, že tento SW umožňuje simulovat nakonfigurovaný HW a to i když nemáme nakonfigurovaný HW fyzicky připojený k programovacímu PC či notebooku. Takovým způsobem je možné program simulovat a vyzkoušet jeho funkčnost. Tím, že není připojeno skutečné PLC, můžeme vyzkoušet funkce, které jsme naprogramovali a to aniž bychom fyzicky ovládali jakýkoliv výstup. V tomto simulátoru je také možnost simulace vstupních hodnot a díky tomu také lze vidět, zda se chová program tak, jak jsme chtěli. Simulátor je vhodný i z důvodu, že se obáváme, že bychom mohli našimi zásahy do programu či chybným programováním způsobit poškození či dokonce zničení výrobní technologie anebo způsobili například úraz pracovníka v důsledku špatných manipulací se zařízením atd..

Stejně tak se dá simulovat vizualizace a to bez připojení fyzického operátorského panelu. Tím si můžeme odzkoušet veškeré obrazovky s jejich funkcemi, funkcemi jednotlivých tlačítek a dalších návazností s tím spojených.

Takto odzkoušený program se po kompletní instalaci všech přístrojů a zařízení na vodním omývači zapojených dle elektrodokumentace, zprovozněním napájení rozvaděče nahrál program do PLC a vizualizace do HMI a začaly se zkoušet jednotlivé funkce vodního omývače. Došlo tedy na samotné loop testy, kdy se vždy před uvedením technologie do provozu zkoušejí veškeré obvody a jejich funkce. U binárních obvodů se spínaly a rozpínaly dané kontakty a v PLC se kontroloval jejich stav. U analogových signálů se pomocí kalibrátoru proudových smyček (Obr. 6.1) simulovala smyčka 4–20 mA. Dále se odzkoušely poruchy, které se zobrazují na operátorském panelu, kde se kontrolovalo jejich správné zobrazení a zásah do řízení. Po takto odzkoušených obvodech se zkontrolovaly zadané parametry jednotlivých ostřikových rovin, časů ostřiků, limity proudů pro motory, tlaky a průtok vody na operátorském panelu. Po zadání vstupních parametrů se vyzkoušel ruční režim řízení a následně automatický režim řízení nejprve z OP a následně z PC operátora na velínu. Po tomto kompletním odzkoušení následoval 30tídenní zkušební provoz. Během zkušebního provozu nebyly shledány žádné závady. Jen bylo několik připomínek k samotné vizualizaci a tak se na žádost zákazníka provádělo během zkušebního provozu několik změn na OP.



Obr. 6.1 Kalibrátor proudových smyček [12]

## 7. Zhodnocení dosažených výsledků práce

Cílem této diplomové práce bylo vytvořit řízení vodního omývače regeneračního kotle instalovaného v podniku Biocel Paskov a.s.. Jednalo se o nahrazení stávajícího parního omývače regeneračního kotle novým moderně řízeným vodním omývačem.

Hlavními důvody pro náhradu parního omývače za moderně řízený vodní omývač bylo dle požadavku investora zvýšit účinnost omývače regeneračního kotle a hlavně snížit provozní náklady na celý systém. Jedním z důvodů bylo umožnit řízení vodního omývače regeneračního kotle z PC umístěného na velínu a tím komfortně řídit vodní omývač bez nutnosti docházení k OP umístěného na dveřích rozvaděče. Takle možnost řízení u předchozího parního omývače nebyla. Operátor musel vždy docházet k samotnému parnímu omývači.

Touto modernizací se nahradilo zastaralé řízení pomocí reléové techniky za moderní řízení pomocí programovatelného automatu. Tím došlo k možnosti kdykoliv provést změny v řízení bez nutnosti zásahu v podobě přepojení samotného zapojení vodního omývače, ale lze změny v řízení provést jen pomocí zásahu do programu PLC či vizualizace HMI vodního omývače regeneračního kotle.

Dalšími důvody, proč se rozhodlo vedení podniku Biocel Paskov a.s. pro náhradu parního omývače za moderně řízený vodní omývač, bylo snížení poruchovosti a naopak zvýšení spolehlivosti řízení vodního omývače regeneračního kotle dosažením pomocí moderních prvků automatizace. Jde o výrazné zvýšení spolehlivosti a méně nákladný provoz a údržbu v porovnání s předchozím parním omývačem, který byl řízen reléovou technikou, díky jejímž prvkům docházelo k vysokým počtům poruch a samotná porucha nebyla vlivem počtu použitých relé snadno dohledatelná.

Také se investorovi osvědčil přechod z parního omývače na vodní omývač, kde se i za krátký čas provozu vyzorovalo znatelné a mnohem účinnější omývání jednotlivých svazkových trub výparníku. Po nahlédnutí technologickým otvorem zkušenými operátory do prostoru kotle je dle jejich slov vidět mnohem vyšší účinnost při omývání oproti omývání pomocí parního omývače. Tímto přechodem na vodní omývač se výrazně sníží náklady při čištění kotle během technologické odstávky a také se zkrátí doba strávená čištěním kotle.

Řízení nově instalovaného vodního omývače regeneračního kotle jsem zrealizoval pomocí řídicího systému PLC SIMATIC S7-312 s vizualizací na operátorském panelu TP 177 A umístěného na dveřích rozvaděče, obojí od firmy Siemens. Řídicí program pro PLC i OP jsem vytvořil na nové platformě TIA Portal V13 od firmy Siemens a elektrodokumentaci nakreslil v kreslicím programu E – PLAN. Při vytváření elektrodokumentace jsem se snažil zachovat standardy používané v podniku Biocel Paskov a.s..

Samotné napojení vodního omývače regeneračního kotle na nadřazený řídicí systém podniku je realizováno pomocí binárních signálů vedoucích z PLC do nadřazeného řídicího systému podniku DNA DAMATIC od finské firmy Metso automation, kde byla vytvořena vizualizace zobrazená na PC operátora. Tímto došlo k ovládání a sledování stavu vodního omývače regeneračního kotle z PC umístěného na velínu s tím, že nelze měnit na obrazovce PC operátora parametry, sledovat tlaky, průtok, proudy motorů a další stavy, jako na vizualizaci vytvořené na operátorském panelu, umístěném na dveřích rozvaděče. Vizualizace pro PC operátora a veškeré práce kolem DNA DAMATIC byly provedeny zaměstnanci Biocelu Paskov a.s. a nebyly součástí této práce.

V průběhu realizaci jsem navrhl zlepšení v podobě instalace zobrazovacích jednotek na průmyslové snímače tlaků a tím docílil zobrazení tlaku přímo u snímačů tlaku. Tato možnost nebyla v původních požadavcích a po přednesení návrhu byla přijata kladně a tedy zrealizována. Původně bylo navrženo zobrazení jen na OP, což při práci u samotného vodního omývače není zrovna ideálním řešením.

Dále jsem navrhl řízení tak, aby se daly lehce, snadno a na základě požadavků provozu kotle měnit parametry jednotlivých časů omývání, způsobu omývání a dalších změn týkajících se parametrů pro řízení vodního omývače regeneračního kotle pomocí obrazovek na OP umístěném na dveřích rozvaděče. Tím si může oprávněná osoba, která se přihlásí na OP měnit parametry bez nutnosti zásahu programátorem PLC.

Při vytváření programu řízení jsem si kladl za cíl, aby byl program navržen tak, že při jakémkoliv abnormálním stavu vodního omývače regeneračního kotle, byla tryska vodního omývače schopna vyjet z kotle ven a tím tak odvrátit případné škody způsobené nevyjetím trysky z kotle ven. Pokud by zůstala tryska v kotli delší dobu, došlo by k jejímu nenávratnému poškození v podobě deformací vlivem vysokých teplot v kotli a tím by už nebyla možnost vysunutí trysky ven.

Snahou také bylo ušetřit finance během realizace, kdy jsem místo většího počtu kabeláže použil mutlikabely, které jsem natáhnul na stávající hliníkové lávky a tím uspořil určitou část peněz s použitím vyřazené, ale přesto plně vyhovující rozvaděčové skříně využitě z nefunkčního zařízení v podniku Biocel Paskov a.s..

V současné době je vodní omývač cca 2 měsíce v provozu a pracuje bez jediné závady či poruchy. Program řízení PLC s vytvořenou vizualizací na OP jsou odladěny a fungují bezchybně.

Výsledkem práce je vytvořené řízení s vizualizací na OP pro vodní omývač regeneračního kotle vyrobeného firmou Clyde Bergemann a instalovaného v podniku Biocel Paskov a.s., spolu s nakreslenou elektrodokumentací a zrealizovaným technickým řešením elektročásti vodního omývače regeneračního kotle s tím, že se požadavky a předpoklady investora podařilo splnit ke spokojenosti obou stran, jak ze strany investora, tak ze strany zhotovitele.

## 8. Použitá literatura

- [1] Materiály podniku Biocel Paskov a.s. dostupné na přiloženém CD ve složce Datasheety, Biocel Paskov a.s. – profil, BIOCEL\_Profil.pdf, s.
- [2] Materiály použité z brožury “Celulózářské minimum”, určené pro zaměstnance podniku Biocel Paskov a.s. ke vzdělávání zaměstnanců. Veřejnosti nedostupné.
- [3] Fotografie membránové stěny kotle dostupná na přiloženém CD ve složce Datasheety, Parní kotle, Parní kotle.pdf, s.7
- [4] Firemní materiály, Clyde Bergemann Power Group, [cit.2015-5-5] Dostupné z www: <<http://www.cbpg.com/en-gb/boiler-efficiency>>
- [5] Český manuál k výrobku: Laserový dálkoměr LDM 41/42 dostupný na přiloženém CD ve složce Datasheety, Laserový měřič vzdáleností, Návod k obsluze, montáži a uvedení do provozu.pdf, s. 1,6,10,12,20,32
- [6] Firemní materiály, Endress + Hauser, [cit.2015-5-5] Dostupné z www: <<http://www.cz.endress.com/cs/Tailor-made-field-instrumentation/Flow-measurement-product-overview/Magneticko-induk%C4%8Dn%C3%AD-pr%C5%AFtokom%C4%9Br-Proline-Promag-50P?highlight=Promag%2050P>>
- [7] Firemní materiály ke snímači tlaku, BD SENSORS, dostupné na přiloženém CD ve složce Datasheety, Měření tlaků, Průmyslový snímač tlaků pro nízké tlaky.pdf, s.1
- [8] Firemní materiály ke zobrazovací jednotce, BD SENSORS, dostupné na přiloženém CD ve složce Datasheety, Zobrazovací jednotka PA 430, Zobrazovací jednotka se spínacími vstupy.pdf
- [9] Firemní materiály, IFM electronic, dostupné na přiloženém CD ve složce Datasheety, Indukční snímač; [cit.2015-5-5] obrázek dostupný na www: <<http://www.ifm.com/products/cz/ds/IG0092.htm>>
- [10] Firemní materiály, GMC, dostupné na přiloženém CD ve složce Datasheety, Převodník střídavého proudu SINEAX I 542, Převodník střídavého proudu SINEAX I 542.pdf
- [11] Firemní materiály, GHV Trading spol. s r.o., dostupné na přiloženém CD ve složce Datasheety, MTP WSK 30; [cit.2015-5-5] obrázek dostupný na www: <<http://www.ghvtrading.cz/rozvadecove-pristroje/transformatory-proudu/merici-zavitove/wsk30.html>>
- [12] Fotografie kalibrátoru proudových smyček CLH – II, [cit.2015-5-5] Dostupná z www: <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:cnHcMmH-uzcJ:www.omegaeng.cz/ppt/pptsc.asp%3Fref%3DCLH-II+%&cd=1&hl=cs&ct=clnk&gl=cz>>

## **9. Seznam příloh**

Příloha I – pohled na zavřený rozvaděč 22.02 + (E) RV6

Příloha II – pohled na otevřený rozvaděč 22.02 + (E) RV6

Příloha III – pohled na vodní omývač

Příloha IV – Obsah CD



Příloha I – pohled na zavřený rozvaděč 22.02 + (E)RV6



*Obr. 9.1 Pohled na zavřený rozvaděč 22.02 + (E)RV6 umístěný na pozici*



Příloha II – pohled na otevřený rozvaděč 22.02 + (E)RV6



Obr. 9.2 Pohled na otevřený rozvaděč 22.02 + (E) RV6



Příloha III – pohled na vodní omývač



*Obr. 9.3 Pohled na vodní omývač po ukončení zkušebního provozu*

## Příloha IV – Obsah CD

- Datasheety použitých přístrojů
- Diplomová práce ve formátu .pdf
- Dispozice rozvaděče
- Elektrodokumentace vytvořená v E – PLAN a převedena do .pdf
- Kabelová listina
- Program PLC a HMI
- Specifikace materiálu
- Tabulka vstupů a výstupů
- Technická zpráva
- Videoukázka z provozu vodního omývače